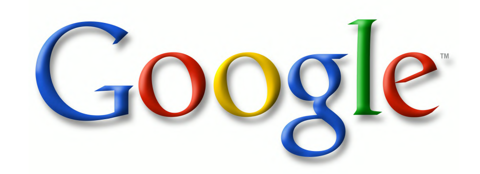


ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie,
18, Pélisserie, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT HUITIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME QUINZIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18.

LAUSANNE
G. BRIDEL ET C[ie]
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & C[ie], A BALE

1903

ÉGALITÉ

DES

VITESSES DE PROPAGATION

DES RAYONS X

ET DE LA LUMIÈRE DANS L'AIR

PAR

R. BLONDLOT

Professeur à l'Université de Nancy

Communiqué à la Section de physique de la Société helvétique des Sciences naturelles, réunie à Genève le 9 septembre 1902

INTRODUCTION

La détermination de la vitesse avec laquelle les rayons X se propagent est un problème d'une importance capitale; de la valeur de cette vitesse résulte en effet la réponse à cette question : les rayons X sont-ils une variété des radiations spectrales, ou bien sont-ils un phénomène d'une tout autre nature ?

Aussi, dès que la merveilleuse découverte du professeur Röntgen fut connue du monde savant, des expériences furent tentées, diverses méthodes furent proposées dans le but de déterminer cette vitesse. Aucune de ces tentatives ne semble avoir abouti, et il me paraît inutile de les rappeler ici.

M'étant moi-même attaché à poursuivre la solution

de ce difficile problème, après de nombreux essais dans différentes directions, tous restés infructueux malgré un travail de plusieurs années, je me décidai à laisser provisoirement de côté la recherche de la valeur exacte de la vitesse des rayons X, et à essayer d'abord de résoudre cette question plus vague : la vitesse de propagation des rayons X est-elle ou non comparable à celle de la lumière ?

Lorsque l'on se demande comment l'étude de la vitesse des rayons X pourrait-être abordée, l'idée suivante se présente d'abord : essayer d'adapter à ces rayons les méthodes classiques pour déterminer la vitesse de la lumière. On reconnait toutefois d'emblée que les méthodes de Fizeau et de Foucault ne peuvent en aucune façon s'appliquer aux rayons X, puisque ceux-ci ne se réfléchissent pas. Il existe une autre méthode, la plus ancienne en date, la méthode astronomique fondée sur les inégalités des périodes des éclipses des Satellites de Jupiter, grâce à laquelle Römer parvint en 1675 à la première détermination de la vitesse de la lumière. Dans celle-ci, on n'utilise pas la réflexion des rayons, mais uniquement leur propagation rectiligne, et, par conséquent, l'empêchement absolu qui s'oppose à l'adaptation des deux autres ne se présente pas ici. Seulement, c'est de la lumière que les Satellites de Jupiter nous envoient, et nous n'en recevons pas de rayons X : l'empêchement a changé de nature, mais n'est pas moins absolu.

Je fus alors conduit à me poser cette question : ne serait-il pas possible d'imiter en petit le phénomène astronomique étudié par Römer, en remplaçant cette fois la lumière par des rayons X ? ne pourrait-on

réduire les grandeurs qui entrent dans ce phénomène dans une proportion telle qu'il devînt réalisable dans une expérience de laboratoire ?

La difficulté n'est pas de réduire les longueurs, mais de réduire les temps, autrement dit, de pouvoir opérer sur des durées extrêmement petites. Il me parut que l'emploi des oscillations électriques en fournissait le moyen. Dans la méthode de Römer, l'intervalle de temps mesuré était le temps employé par la lumière pour traverser l'orbite terrestre, autrement dit, pour franchir environ 300 millions de kilomètres ; ce temps est d'environ 32 min. 52 sec. = 1972 sec. D'autre part, il est aisé de produire des oscillations électriques dont la période est de l'ordre du $\frac{1}{300.000.000}$ de seconde, et, à l'aide de ces oscillations, on peut apprécier des durées du même ordre de grandeur. On pouvait donc réduire les 300.000.000 de kilomètres parcourus dans la méthode de Römer dans le rapport de

$$\frac{\frac{1}{300.000.000}}{1972} = \frac{1}{591.600.000.000}$$

la distance ainsi réduite devient environ 52 centimètres. Il semblait donc possible de réaliser l'expérience sur une table.

Encouragé par cette constatation et guidé par des considérations du même ordre, je fus amené à combiner l'expérience suivante.

Description des Expériences.

Des pôles B et B' d'une bobine d'induction (fig. 1) partent deux fils aboutissant aux électrodes H et H'

d'un tube focus. Avant d'atteindre le tube, ces fils, tendus horizontalement et parallèlement l'un à l'autre, sont fixés respectivement aux deux moitiés d'un excitateur de Hertz formé de deux cylindres de laiton, A et A', de 0,8 cm. de diamètre et de 6 cm. de longueur, assujettis horizontalement dans la paroi d'un flacon contenant de l'huile de vaseline ; au-dessous de ce flacon (non représenté sur la figure) est disposé un résonateur formé d'une boucle de fil de cuivre DD'C (on a représenté le résonateur à côté de l'excitateur, mais, en réalité, sa partie rectiligne DD' est placée au-dessous même de AA'). La coupure C du résonateur est du côté

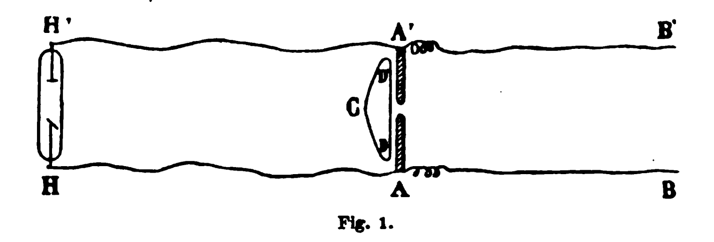


Fig. 1.

du tube focus, de façon à en recevoir les rayons X ; elle est protégée contre toute autre radiation par des écrans en papier noirci et par une lame d'aluminium.

En réglant convenablement la distance explosive de l'excitateur dans l'huile, on parvient à faire fonctionner simultanément le tube focus et l'excitateur. Voici alors ce qui se passe : à chaque courant de rupture de la bobine d'induction, la différence de potentiel entre H et H' atteint une valeur suffisante pour que le tube fonctionne ; puis, cette différence de potentiel continuant à croître, l'étincelle éclate à l'excitateur : le tube, privé subitement d'alimentation s'éteint, tandis

que la décharge oscillatoire de l'excitateur se poursuit et s'achève.

Supposons d'abord que l'on ait disposé le tube tout près de l'excitateur, les fils AH et A'H' étant aussi courts que possible (11 cm.). Portons en abscisses (fig. 2) les temps, comptés à partir du moment où l'étincelle éclate dans l'huile, et en ordonnées les différences de potentiel entre A et A' ; nous avons ainsi, comme on sait, une sinusoïde rapidement amortie MNPQ... Une

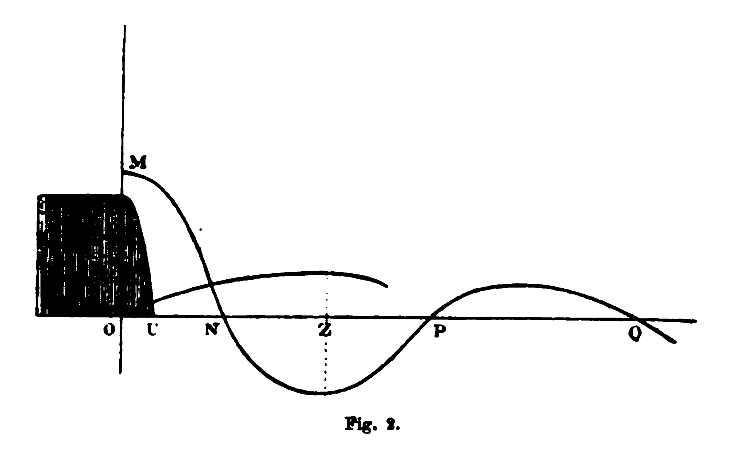


Fig. 2.

fois l'appareil réglé, le potentiel nécessaire pour faire fonctionner le tube n'est inférieur que de peu au potentiel explosif de l'excitateur : il suffit, en effet, de diminuer très peu la distance explosive de celui-ci pour que la décharge ne traverse plus le tube, mais passe entièrement par l'excitateur. Cette particularité a ici une importance capitale : il en résulte que le tube s'éteint dès que le potentiel a diminué un peu au début de la décharge oscillante, et, par suite, au bout d'un temps inférieur au quart de la période de l'excitateur ;

la courbe représentative de l'intensité des rayons X est donc formée d'une portion presque horizontale RS, antérieure à la décharge de l'excitateur, suivie d'une portion brusquement descendante SU. [La longueur d'onde de l'excitateur ayant été trouvée égale à 114 cm.. sa période est $\frac{114}{3 \times 10^{10}}$ sec., et par conséquent, $\overline{OU}$ est de beaucoup inférieur à $\frac{114}{3 \times 10^{10} \times 4}$ sec.]

Construisons la courbe ayant pour ordonnées la valeur de la force électrique produite à la coupure du résonateur par la décharge de l'excitateur. L'ordonnée de cette courbe est nulle tant que toute la décharge passe par le tube focus, par conséquent jusqu'à l'origine des temps sur le diagramme; elle n'atteint une valeur notable qu'à une époque où l'excitateur est déjà en partie déchargé, et le maximum de cette force électrique n'a lieu que lorsque l'excitateur s'est rechargé en sens contraire, c'est-à-dire au bout d'une demi-période, durée représentée par l'abscisse $\overline{OZ}$. Il suit de là que, quand le résonateur commence à osciller, les rayons X sont déjà éteints : par conséquent, il ne peut y avoir d'action du tube sur l'étincelle secondaire [1]. C'est ce que l'expérience vérifie, car si l'on interpose une lame de plomb ou de verre entre le tube et la coupure, de manière à intercepter les rayons X, l'étincelle ne change pas d'aspect.

Laissant le tube focus à la même place, remplaçons les fils courts AH, A'H' par des fils de 25 cm., repliés

[1] V., sur cette action, R. Blondlot, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 1559.

sans coudes brusques ; cet allongement des fils, en retardant l'extinction des rayons X du temps que les ondes hertziennes emploient pour parcourir (25 — 11) cm. = 14 cm., va avoir pour effet de retarder d'autant la disparition des rayons X à la coupure et de laisser ainsi à ces rayons le temps d'agir sur l'étincelle : c'est en effet ce que l'on constate, car l'interposition d'une lame de plomb rend l'étincelle manifestement moins éclatante. Cette action des rayons X augmente si l'on augmente la longueur des fils de transmission AH et A'H' : pour des longueurs de 33 cm., de 80 cm., de 130 cm., elle est de plus en plus marquée.

Ces expériences montrent que, dans mon appareil, les rayons X s'éteignent dés que la décharge électrique a cessé dans le tube. En effet, dans l'expérience avec les fils très courts (11 cm.), on n'a constaté aucune action, tandis qu'il a suffi de les allonger de 14 cm. pour obtenir une action visible ; si, par conséquent, il existe une prolongation de l'émission des rayons X, ou encore une prolongation de leur action à la coupure après leur cessation, leur somme est très petite vis-à-vis de $\frac{14}{3 \times 10^{10}}$ sec [1].

[1] M. A. Moffat a constaté que, si un tube à rayon X est excité par une machine à influence et par l'intermédiaire d'une étincelle soufflée, la durée d'émission des rayons X ne peut dépasser $\frac{1}{100.000}$ de seconde (*Proceedings of the Royal Society of Edimburgh*, 9 janvier 1899, p. 430-438). — M. Colardeau a trouvé que la durée d'émission des rayons X est inférieure à $\frac{1}{50.000}$ de seconde, « et bien moindre que ne le feraient croire les expériences réalisées de prime abord ». (*Bulletin de la Société française de Phy-*

Prenons des fils de transmission repliés, que nous laisserons d'une longueur invariable, 0,50 m. par exemple, puis éloignons peu à peu le tube de la coupure : en vertu de cet éloignement, les rayons X éprouvent un retard égal au temps qu'ils mettent à franchir la distance du tube à la coupure ; leur disparition à la coupure est retardée d'autant, et, si leur vitesse est comparable à celle des ondes hertziennes, l'effet de l'éloignement du tube va être analogue à celui d'un allongement des fils, c'est-à-dire une amélioration dans la coïncidence de l'époque où la force électrique existe à la coupure avec l'époque où les rayons X y sont présents, et, par suite, une augmentation de l'action de ces rayons sur l'étincelle. On est ainsi amené à cette prévision paradoxale : le tube devrait agir plus de loin que de près. A ma grande surprise, cette expérience réussit complètement : l'éclat de l'étincelle augmente à mesure que l'on éloigne le tube, c'est un fait certain et constant; l'augmentation est bien due aux rayons X, car, si l'on place un petit disque de plomb ou de verre contre la lame d'aluminium interposée entre la coupure et le tube, l'étincelle devient aussitôt plus faible et demeure invariable, quelle que soit la distance du tube. Ce fait surprenant est une première vérification de la supposition dont nous sommes partis, à savoir

sique, 1901 ; 2e fascicule, p. 117.) Un échange de vues sur ce sujet a eu lieu entre MM. Brunhes et Colardeau, à la séance de la Société de Physique du 15 mars 1901 : le désaccord entre les résultats obtenus par ces deux physiciens tient à ce que les conditions de leurs expériences ne sont pas les mêmes. — Si l'on applique à mon appareil la méthode du disque tournant de M. Brunhes, l'émission des rayons X y apparaît comme instantanée.

que la vitesse de propagation des rayons X est comparable à celle des ondes hertziennes.

J'interromps momentanément la description de mes expériences pour montrer combien ce qui précède est analogue à ce qui se passe dans le phénomène astronomique sur lequel est fondée la découverte de Römer.

Soient T et T' les positions de la terre sur son orbite lorsque Jupiter J est respectivement en opposition et en conjonction avec le soleil. Supposons que l'un des satellites de Jupiter vienne de s'éclipser : un premier observateur placé en T' verra encore ce Satellite pendant le temps que la lumière emploie à franchir la distance J T; un second observateur placé en T' continuera à voir le satellite pendant le temps que la lumière emploie à franchir la distance JT', et ainsi, après que le satellite aura disparu pour l'observateur le plus rapproché, l'observateur le plus éloigné continuera à le voir pendant le temps que la lumière emploie à franchir l'orbite terrestre, c'est-à-dire pendant 32 min,

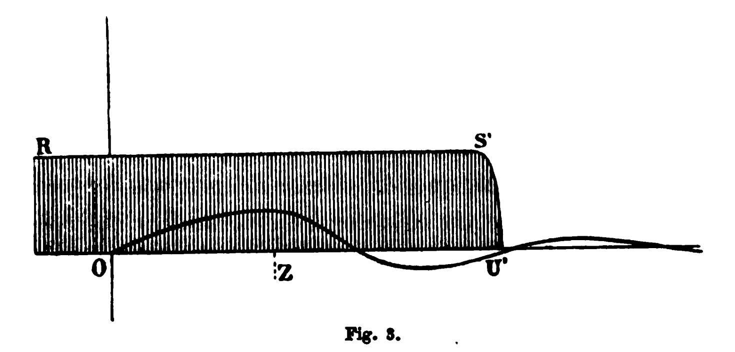


Fig. 3.

52 sec. Pendant cet intervalle de temps, l'avantage est donc à l'observateur le plus éloigné. Je reviens à mes expériences.

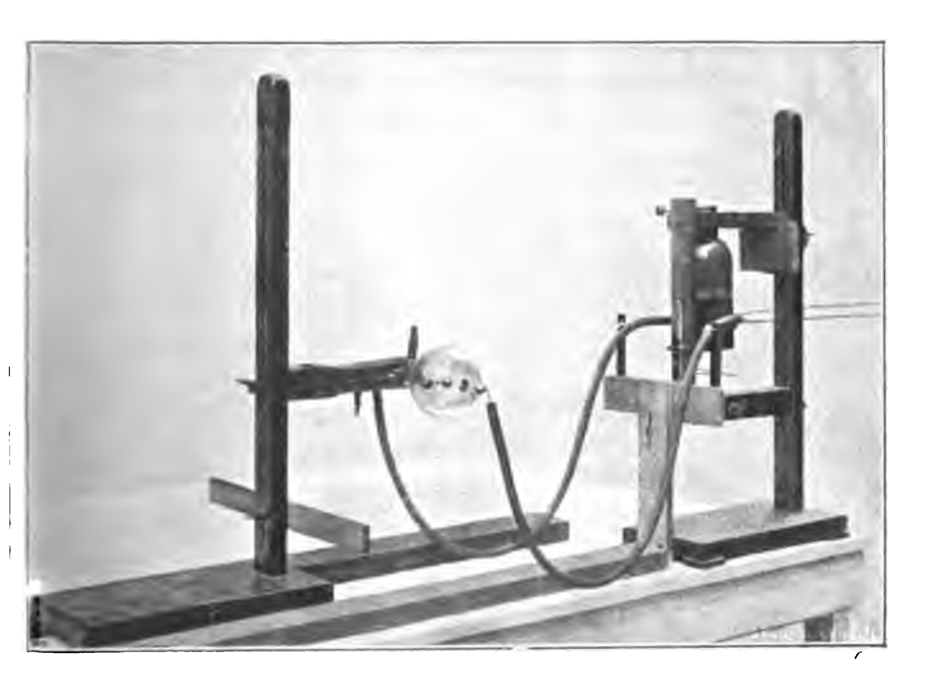
Prenons des fils de transmission d'une plus grande longueur, de 80 cm. par exemple. Quand on éloignera le tube, il arrivera, pour une certaine distance, que les rayons X posséderont à la coupure leur pleine intensité pendant tout le temps que la force électrique à la coupure conserve une valeur notable (fig. 3) : l'efficacité des rayons X sera alors aussi grande que le permet leur intensité.

Si l'on continue à éloigner le tube, on n'améliorera plus la coïncidence entre la présence des rayons X et celle de la force électrique à la coupure, et l'on perdra de plus en plus comme intensité des rayons X ; par conséquent, leur action aura passé par un maximum. C'est ce que l'on constate effectivement : l'étincelle passe par un maximum lorsque le tube est à environ 53 cm. de la coupure. Ce maximum est bien dû aux rayons X, car il disparaît par l'interposition d'un petit disque de plomb ou de verre [1].

Ainsi, la supposition que la vitesse des rayons X et celle des ondes hertziennes seraient de même ordre de grandeur nous a conduits à prévoir l'existence d'un maximum ; cette prévision s'est trouvée vérifiée par l'expérience. Comme, d'ailleurs, il paraît impossible d'expliquer autrement ce phénomène paradoxal, on est amené à conclure que *la vitesse de propagation des rayons X est bien du même ordre de grandeur que celle*

[1] On a représenté la portion RS′ de la courbe figurant l'intensité des rayons X par une droite horizontale ; en réalité, les ordonnées de cette courbe vont en croissant de R vers S′. Cet accroissement, bien que probablemont très lent, contribue à la décroissance de l'étincelle quand on éloigne le tube ; cet effet, sans doute très faible, ne peut qu'accentuer le minimum.

Appareil de M. Blondlot.



La photographie ci-dessus présente une vue d'ensemble de l'appareil; toutefois, afin d'en rendre visibles toutes les parties, on a, avant de prendre la photographie, supprimé tous les écrans en papier ou en aluminium entourant la coupure et le tube focus, ainsi que la loupe servant à observer la petite étincelle.

des ondes hertziennes. Nous allons voir comment l'étude de ce maximum m'a fourni le moyen de déterminer le rapport des deux vitesses.

Reprenons notre appareil, les fils de transmission ayant une longueur de 80 cm. ; comme nous l'avons vu, l'étincelle du résonateur présente un maximum d'éclat lorsque le tube est à 53 cm. de la coupure. Nous laisserons de côté l'analyse théorique du phénomène pour ne retenir que le fait observé, admettant seulement, ce qui est indubitable, que le maximum est dû à ce qu'il y a une distance du tube pour laquelle les rayons X illuminent la coupure pendant l'existence de la force électrique à cette coupure avec plus d'intensité que pour les autres distances. Nous désignerons par $V \frac{\text{cent.}}{\text{sec.}}$ et $V' \frac{\text{cent.}}{\text{sec.}}$ les vitesses de propagation respectives des ondes hertziennes et des rayons X.

Après avoir déterminé la position du tube donnant le maximum d'étincelle, allongeons les fils de transmission de α centimètres : la cessation des rayons X à la coupure est ainsi retardée de $\frac{\alpha}{V}$ sec. ; il faudra donc, pour rétablir la coïncidence des temps et retrouver le maximum, diminuer la distance du tube à la coupure d'une longueur β telle que $\frac{\beta}{V'} = \frac{\alpha}{V}$. L'expérience donne $\frac{\beta}{\alpha}$, et par cela même, en vertu de l'égalité précédente $\frac{V'}{V}$.

Des déterminations extrêmement nombreuses, dans lesquelles on a fait varier α dans des limites aussi étendues que cela était possible, ont donné invariablement

$\beta = \alpha$; d'où il résulte que $V' = V$ au degré d'approximation que comporte la détermination de la position du tube qui rend l'étincelle maximum.

Le tableau ci-dessous contient les résultats d'une série d'expériences : la première colonne donne les valeurs de α ; la seconde les valeurs correspondantes de β déterminées par mon aide M. Virtz ; la troisième les valeurs de β déterminées par moi ; la quatrième les moyennes des valeurs précédentes de β. Chacun des nombres de la seconde et de la troisième colonne est la moyenne de cinq mesures.

	β		
α	Virtz	Blondlot	Moyenne
— 7	— 6,5	— 5,9	— 6,2
+ 9	+ 8,9	+ 10,5	+ 9,7
+ 12,5	+ 12,6	+ 12	+ 12,3
+ 15	+ 14,5	+ 15,1	+ 14,8
+ 25	+ 24,5	+ 25,3	+ 24,9
+ 30	+ 30	+ 31,0	+ 30,5
+ 40	+ 39,6	+ 39,3	+ 39,4
+ 25	+ 23,2	+ 24,6	+ 23,9

On voit que les nombres de la quatrième colonne diffèrent assez peu des nombres correspondants de la première pour que les différences puissent être attribuées à l'impossibilité de déterminer d'une manière très précise la position du tube qui rend l'étincelle maximum. La série des expériences, au nombre de 80, résumées dans le tableau précédent, donne le résultat définitif suivant : en remplaçant α et β par les moyennes de leurs valeurs, on trouve $\frac{V'}{V} = \frac{161,7}{163,5}$. D'autres séries d'expériences ont donné $\frac{138}{139}$, $\frac{146}{144}$, ... Ces

quotients sont très voisins de l'unité : les mesures isolées présentent parfois des écarts assez notables, comme on peut le voir sur le tableau ci-dessus, mais l'influence de ces écarts a toujours disparu dans les moyennes d'un grand nombre de déterminations. J'ai vérifié que les valeurs de β sont indépendantes de la grandeur et de la forme du résonateur, et aussi du tube employé ; par exemple les nombres de la dernière ligne du tableau ci-dessus ont été obtenus à l'aide d'un résonateur dont le fil avait une longueur double de celui qui avait servi aux autres déterminations.

Voici maintenant un autre genre d'expériences : dans celles-ci, on compense encore le temps que les rayons X emploient pour franchir un certain espace par le temps que les ondes électromagnétiques emploient pour parcourir une certaine longueur de fil ; mais ici ce ne sont plus les fils de transmission que l'on allonge ou raccourcit, c'est le fil du résonateur. Les extrémités du résonateur étant écartées l'une de l'autre d'environ 0 cm. 3, on leur soude respectivement les deux fils d'une petite ligne de transmission ; à l'extrémité de cette ligne est adapté le micromètre à étincelles, la nouvelle coupure étant ramenée à la position de l'ancienne en repliant la petite ligne sur elle-même. L'action de l'excitateur sur le résonateur y produit une onde hertzienne qui doit parcourir une certaine longueur de fil pour aboutir à la coupure et y produire l'étincelle. Si donc on a allongé chaque moitié du résonateur de a centimètres, l'étincelle est retardée de $\frac{a}{V}$ sec. et, pour obtenir le maximum d'étincelle, il faudra que la distance du tube à la coupure soit augmentée d'un nom-

bre b de centimètres, tel que $\frac{b}{V'} = \frac{a}{V}$. La valeur observée de $\frac{b}{a}$ donne celle de $\frac{V'}{V}$.

Le tableau ci-joint donne les moyennes des résultats obtenus dans un très grand nombre d'expériences :

a	b
12,5	9,1
12,5	13
13	10,5
17	16,4
23	23
23	22,5
24	24,2
25	25,3

Si l'on remplace a et b par les sommes des nombres des deux colonnes, on trouve $\frac{V'}{V} = 0,94$. Cette valeur s'accorde suffisamment avec les résultats de la première méthode, qui semble d'ailleurs plus précise parce que le retard des ondes hertziennes y est mieux défini.

L'ensemble des résultats expérimentaux obtenus, tant par l'une que par l'autre méthode, peut se résumer ainsi : *si à la longueur des fils de transmission on ajoute la distance du tube à la coupure qui donne le maximum d'étincelle, et que l'on en retranche, s'il y a lieu, la longueur de la petite ligne ajoutée au résonateur, on obtient la longueur constante de 133 cm.*

Remarquons que, dans l'une comme dans l'autre des méthodes décrites, le rapport $\frac{V'}{V}$ est obtenu sans que l'on ait besoin de connaître le détail des phénomènes : ce sont des méthodes de *substitution*, analogues à la

méthode de Borda pour les pesées. Il peut toutefois y avoir une complication : d'après la théorie exposée plus haut, la position du tube qui donne le maximum d'étincelle est plus rapprochée de la coupure que si l'intensité des rayons X ne décroissait pas avec la distance ; la décroissance de l'intensité suffit en effet pour rendre décroissante une action qui sans cela ne croîtrait que très lentement avec la distance. Ce rapprochement est plus grand pour les petites distances que pour les grandes parce que la décroissance de l'intensité est plus rapide pour les petites distances. L'augmentation de b ou de β produite par cette cause ne peut être calculée, mais la concordance finale de tous les résultats indique qu'elle ne surpasse pas les erreurs d'expérience.

Résumons tout ce qui précède :

En supposant *a priori* l'égalité des vitesses de propagation des rayons X et des ondes hertziennes, on a été conduit à prévoir que le renforcement produit par le tube sur l'étincelle devait passer par un maximum pour une certaine distance du tube. L'expérience a confirmé cette prévision. La même supposition a permis de calculer d'avance les déplacements que la position du tube correspondant à ce maximum devait éprouver, soit par l'allongement des fils de transmission, soit par l'annexion d'une petite ligne au résonateur : on devait en effet, pouvoir compenser le temps que les ondes électriques emploient pour parcourir une certaine longueur de fil par le temps que les rayons X emploient pour franchir une distance égale. Cette compensation s'est produite en réalité : des deux méthodes employées,

l'une a donné pour le rapport des vitesses 0,97 [1], l'autre 0,93. — D'autre part, il paraît impossible de trouver une autre explication du maximum de l'étincelle, des déplacements de la position correspondante du tube, et des autres particularités de ces phénomènes. L'ensemble de tous ces faits conduit donc à cette conclusion : *La vitesse de propagation des rayons X est égale à celle des ondes hertziennes ou de la lumière dans l'air.*

Observations et expériences complémentaires

I. Il faut, pour que l'éclat de l'étincelle soit maximum qu'il s'écoule entre le début de la décharge de l'excitateur et l'extinction du tube focus un temps égal à $\frac{133}{V}$ sec. Comme la longueur d'onde de l'excitateur est égale à 114 cm., cet intervalle de temps correspond à un peu plus de 3 élongations de l'excitateur. D'après la théorie que j'ai développée au début de ce travail, cela conduit à admettre que les trois premières élongations ont seules une amplitude notable. Il est intéressant de constater que cette conséquence est bien d'accord avec ce que l'on sait de l'amortissement dans les excitateurs.

II. Lorsque l'on rapproche progressivement le tube focus de la coupure, à partir de la position qui donne le maximum d'étincelle jusqu'au tube lui-même, on voit l'éclat de l'étincelle diminuer, passer par un minimum,

[1] Après une correction relative au revêtement isolant des fils de transmission.

puis finalement augmenter. L'explication paraît être la suivante : quand le tube est très voisin de la coupure, celle-ci reçoit les rayons X extrêmement intenses, et alors la diminution de concordance dans le temps est compensée et au delà par l'intensité des radiations; de là une recrudescence d'action quand le tube est tout près et la production d'un minimum pour une distance un peu plus grande. Je me suis assuré que cette explication est mathématiquement possible ; cet examen se fait aisément en portant en ordonnées les logarithmes des fonctions à étudier.

III. Afin d'éviter les aigrettes, les fils de transmission étaient recouverts de gutta-percha et engainés dans des tubes de caoutchouc. Pour reconnaître si ce revêtement ne diminuait pas notablement la vitesse de propagation des ondes électriques le long des fils, j'ai comparé par une méthode d'interférences la vitesse de propagation de ces ondes le long de fils ainsi revêtus et le long de fils nus. La différence de ces vitesses s'est montrée presque inappréciable. et, en tout cas, la pertubation qui en résulte ne peut causer une erreur relative de $\frac{1,5}{100}$ sur les résultats définitifs.

Je vais encore décrire quelques expériences qui, tout en étant seulement qualitatives, ont cependant un certain intérêt comme variantes, et dont les résultats, prévus grâce à la théorie que j'ai exposée précédemment, en apportent une nouvelle confirmation.

1° Les fils de transmission étant engainés dans des tubes de caoutchouc à vide, on les a rapprochés et liés ensemble sur une longueur de 40 cm. ; la vitesse de la propagation des ondes devait être diminuée, puisqu'elle

avait lieu principalement dans le caoutchouc : la position du tube donnant le maximum s'est, en effet, rapprochée de 11 cm. ou 12 cm.

2° Un condensateur formé de deux feuilles de clinquant d'environ 100 cm². de surface, séparées par une lame d'ébonite de 0 cm. 8 d'épaisseur, fut placé en dérivation sur la ligne de transmission ; cette fois le retard devait être encore plus grand, et, en effet, on constata que le maximum avait disparu et que l'étincelle diminuait constamment d'éclat à mesure que l'on éloignait le tube.

3° Les fils de transmission, longs primitivement de 80 cm., ayant été allongés de 57 cm., longueur supérieure de 4 cm. à la distance de la coupure à la position du tube qui donne le maximum dans le cas de fils de 80 cm., on constata que l'étincelle diminuait constamment lorsque l'on éloignait le tube.

4° La longueur totale des fils étant réduite à 64 cm. l'étincelle augmentait au contraire au fur et à mesure que l'on éloignait le tube, à partir de la position donnant le minimum, jusqu'à ce que les fils fussent tendus. Même résultat avec des fils plus courts.

5° Si l'on donne aux deux fils de transmission des longueurs inégales, l'expérience montre que la distance du tube correspondant au maximum d'étincelle est la même que si les deux fils avaient la longueur du plus court. Cela s'explique aisément, car dès que la décharge de l'excitateur est parvenue à l'une des électrodes du tube par le fil le plus court, le tube s'éteint presque aussi subitement que si les deux fils avaient la même longueur et que la décharge fût parvenue aux deux électrodes.

Toutes ces observations sont bien conformes aux prévisions.

Vitesse des différentes variétés de rayons X.

Les rayons X sont, comme on sait, plus ou moins pénétrants selon qu'ils sont émis par des tubes où le vide est plus ou moins avancé. Je me suis proposé de rechercher si ces différentes variétés de rayons X se propagent dans l'air avec la même vitesse.

Ayant pris d'abord un tube très mou, donnant sur l'écran une ombre de la main où l'on ne pouvait aucunement distinguer les os, je déterminai par la méthode que j'ai décrite dans le présent travail le rapport de la vitesse des rayons X émis par ce tube à celles des ondes électriques; l'allongement donné aux fils de transmission étant de 30 centimètres, ce rapport fut trouvé égal à $\frac{31,2}{30} = 1,04$. Antérieurement, avec un tube de dureté moyenne, dont les rayons, non seulement faisaient voir les os dans l'ombre de la main, mais même traversaient tant soit peu ces os, j'avais, en donnant aux fils de transmission les mêmes longueurs, obtenu pour le rapport des vitesses le nombre $\frac{30,6}{30} = 1,02$. J'interposai ensuite sur le trajet des rayons X une plaque d'aluminium épaisse de 2 cm. : à peine pouvait-on apercevoir sur l'écran une faible fluorescence, et, de cette façon, il ne passait certainement que des rayons extrêmement pénétrants. L'action sur l'étincelle était très faible, mais encore visible, et je parvins à déterminer, sans beaucoup de précision tou-

tefois, la position du tube correspondant au minimum d'étincelles pour une longueur des fils de transmission égale à 110 cm. : la distance du tube à la coupure était alors environ 23 cm. 7. Sans l'interposition de l'aluminium, elle était de 21 cm. 3.

Avec le plus dur de tous les tubes pouvant fonctionner dans mon appareil sans donner d'étincelles latérales, tube dont les rayons traversaient manifestement les os de la main, j'ai obtenu la distance 22,3. Toutes ces observations montrent que, au degré d'approximation des mesures, les vitesses de propagation des rayons émis par tous mes tubes sont les mêmes.

Déjà d'après mes expériences antérieures, on pouvait s'attendre à cette égalité de vitesse des différentes variétés des rayons X : dans ces expériences en effet, j'avais employé un tube de dureté moyenne, émettant par conséquent des rayons X de pénétrations diverses ; il est clair que si ces rayons avaient des vitesses différentes, il n'y aurait pas eu de maximum d'étincelle, puisque, chacune des radiations tendant à en faire naître un à une distance différente, la superposition n'eût donné qu'un résultat confus.

VITESSE DES RAYONS X DANS DIFFÉRENTS MILIEUX.

L'absence de réfraction des rayons X indique que leur vitesse est indépendante des milieux où ils se propagent. Il m'a néanmoins paru intéressant de comparer directement ces vitesses. Pour cela, ayant donné aux fils de transmission une longueur arbitraire mais constante, j'ai déterminé la position du tube correspondant au minimum d'étincelle ; puis, après avoir

interposé entre le tube et l'étincelle la substance dans laquelle je voulais étudier la propagation, je répétais la détermination. Toujours la position du tube s'est retrouvée la même, aux erreurs d'expérience près. Voici quelques valeurs de la distance du tube (de dureté moyenne), correspondant au maximum d'étincelle.

Propagation à travers :

	cm.
L'air	21,3
Un bloc de tube de 6 cm.	20
Un bloc de paraffine de 5 cm	21,3
Une colonne d'essence de térébenthine 6 cm. 5	22,4
Une colonne de vaseline de 6 cm. 5 . . .	21,7

Avec le plus dur de mes tubes, la distance correspondant au minimum, 22 cm. 3, resta exactement la même après l'interposition d'un bloc de paraffine épais de 9 cm. 5.

La conclusion définitive est que, dans les limites des conditions et des erreurs des expériences décrites, *la vitesse de propagation des différentes variétés des rayons X dans les différents milieux est égale à celle de la lumière dans l'air*.

En terminant l'exposé de ces recherches sur la vitesse de propagation des rayons X, j'adresse mes remerciements à M. Virtz, mécanicien à la Faculté des Sciences de Nancy, qui a répété avec le plus grand soin toutes les expériences et, en particulier, les déterminations si délicates des distances du tube qui donnent à l'étincelle le maximum d'éclat[1].

[1] On trouvera à la fin du présent mémoire une série d'indications relatives à l'exécution de ces expériences ; j'espère qu'elles pourront épargner aux personnes désireuses de les répéter les tâtonnements après lesquels seulement j'ai pu obtenir des résultats bien visibles et certains.

Considérations théoriques.

Il résulte immédiatement de l'égalité des vitesses de propagation des rayons X et de la lumière dans l'air, que les rayons X doivent être rapprochés des radiations spectrales. Des hypothèses qui ont été émises relativement à leur nature, deux seulement peuvent subsister : 1° celle qui les considère comme des radiations de très petites longueurs d'onde ; 2° la théorie proposée par E. Wiechert[1] et par Sir Georges Stokes[2], et dont voici le principe : les rayons Röntgen consistent en une succession de pulsations indépendantes partant des points où les molécules projetées de la cathode rencontrent l'anticathode, et commençant à l'instant même de cette rencontre ; ces pulsations sont transversales et se propagent dans l'éther comme les vibrations de la lumière et avec la même vitesse. Ce qui distingue les rayons Röntgen des radiations spectrales, c'est qu'ils consistent, non en vibrations continues de l'éther, mais en pulsations isolées extrêmement brèves produisant chacun une onde solitaire. Sir George Stokes a développé cette théorie dans une Conférence à la « Manchester litterary and philosophical Society[3] ». De cette conférence j'extrais le passage suivant : « Supposons qu'une pluie de molécules tombe sur l'anticathode et que, après avoir duré quelque temps, elle cesse brus-

[1] *Abh. der phys.-œkon. Gesellschaft zu Königsberg* et *Wied Ann.* Bd 59, 1896.

[2] *Proceedings of the Cambridge phil. Soc.*, t. IX, 1896, p. 215.

[3] *Memoirs and Proceedings of the Manchester lit. and philosophical Society*, t. XLI, 1897.

quement. Suivant les vues que je viens d'exposer sur la nature des rayons Röntgen, ces rayons commencent à prendre naissance en même temps que la pluie de molécules, continuent à se produire tant que celle-ci dure et cessent en même temps qu'elle ». Comme, d'autre part, les rayons cathodiques ont la même durée que le courant qui traverse le tube de Crookes, puisqu'ils forment eux-mêmes un segment de ce courant, il s'ensuit que les rayons X doivent s'éteindre dès que la décharge a cessé dans la tube. Or, c'est précisément ce que j'ai constaté.

Dans la même conférence, Sir George Stokes a montré que son hypothèse fournit l'explication des propriétés caractéristiques des rayons X : absence de réflexion et de réfraction, etc.

M. A. Sommerfeld a fondé sur cette hypothèse une théorie de la diffraction des rayons X qui rend compte des curieuses expériences de MM. Haga et Wind relatives à cette diffraction [1].

Enfin, en partant des mêmes idées, le professeur J.-J. Thomson a relié théoriquement les rayons cathodiques et les rayons Röntgen [2].

En résumé, l'hypothèse de E. Wiechert et Sir George Stokes rend compte de tous les faits connus jusqu'à présent.

APPENDICE

Indications pour l'exécution des expériences.

La bobine d'induction que j'ai employée était munie d'un interrupteur de Foucault dont le mercure était

[1] *Zeitschrift für Math. u. Physik*, Bd. 46, 1901, p. 11.
[2] *Phil. Mag.*, t. XLV, 1898, p. 172.

constamment lavé par un courant d'eau de la Moselle fourni par les conduites de la ville. On obtint ainsi une grande régularité de fonctionnement. Cette bobine, longue de 36 cm., était alimentée par des accumulateurs, dont on a fait varier le nombre de 4 à 9 sans que le fonctionnement de l'appareil se fût modifié.

Le tube focus est porté par un support monté sur des galets et pouvant se mouvoir entre deux lattes en bois.

Les fils de transmission allant de l'excitateur au tube sont soutenus à environ 10 cm. en avant de l'excita teur par deux montants en ébonite, de façon que dans cette portion de leur trajet, voisine du résonateur, leur situation par rapport à celui-ci demeure invariable quand on déplace le tube ; entre les montants on a fixé une lame mince d'aluminium et des écrans en papier noirci protègent de tous côtés l'étincelle contre toute radiation étrangère aux rayons X. Le tube est lui-même complètement enveloppé de papier noir afin d'arrêter toute lumière qui pourrait gêner l'observateur.

Les deux cylindres de laiton formant l'excitateur peuvent glisser à frottement dur dans des bouchons de caoutchouc qui ferment deux ouvertures percées dans le flacon contenant l'huile de vaseline. On règle la distance explosive de façon que l'étincelle passe et qu'en même temps le tube donne des rayons X. Avec certains tubes, il faut pour cela que l'anticathode soit isolée de la cathode ; avec d'autres, cela n'est pas nécessaire.

Le résonateur a la forme représentée sur la fig. 1 ; les deux extrémités voisines de la coupure sont fixées aux deux branches d'une grande pince en bois que l'on peut rapprocher ou écarter à l'aide d'une vis micrométrique : de cette façon, on peut régler avec une

grande délicatesse la distance explosive que l'étincelle du résonateur doit franchir. C'est de ce réglage que dépend la netteté des variations d'éclat de l'étincelle et, en particulier, celle du maximum. Pour l'effectuer, après avoir obtenu par tâtonnement la petite étincelle, je diminue d'abord la distance explosive jusqu'à ce que l'étincelle disparaisse, puis j'écarte peu à peu les branches de la pince en tournant très lentement la vis, de façon à obtenir une étincelle très petite mais nettement visible. C'est ce mode de réglage qui m'a permis d'obtenir rapidement la plus grande netteté.

Il est commode d'observer l'étincelle à l'aide d'une grosse loupe fixée à un support. On regarde avec les deux yeux sans chercher à mettre au point ni à accommoder : l'étincelle apparaît alors comme un petit disque lumineux dont on examine les variations d'éclat en prenant bien garde de tenir *la tête absolument immobile*, tandis que d'une main l'on déplace le tube.

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LA

RÉGION DES VERGYS, DES ANNES ET DES ARAVIS

PAR

Ch. SARASIN

(Avec la planche I.)

Ayant été chargé par le Comité de la Société géologique suisse d'organiser l'excursion qui devait suivre la réunion de la Société, à Genève, en septembre dernier, j'ai entrepris pendant l'été l'exploration détaillée d'une région que j'avais déjà eu l'occasion de parcourir à diverses reprises et qui comprend : 1° les hautes chaînes calcaires entre la vallée du Borne, la vallée de l'Arve et le synclinal du Reposoir ; 2° la klippe des Annes; 3° la région du col des Aravis et de Flumet. L'excursion de la Société géologique n'ayant pas eu lieu, par suite de circonstances indépendantes de ma volonté, je voudrais exposer par ces quelques lignes à mes collègues les points principaux de stratigraphie ou de tectonique que j'avais espéré leur montrer sur place l'été dernier.

Avant de commencer la partie descriptive de cette petite note, je tiens à rendre ici un juste hommage à celui qui a contribué pour une large part à éclaircir la

géologie de la région des Bornes et des Annes, je veux parler de Maillard, ce savant enlevé si jeune à la science, dont j'ai pu constater à chaque pas le talent d'observation et la scrupuleuse conscience.

1° *Coupe de la vallée des Bornes, de Saint-Pierre de Rumilly au Petit-Bornand* (voir profil 1). — Le premier affleurement que l'on rencontre en montant de Saint-Pierre de Rumilly au Petit-Bornand se trouve avant le pont des gorges du Borne; la roche est un calcaire urgonien gris clair en gros banc plongeant vers le NW; nous avons affaire ici au flanc N de l'anticlinal de Dessy; vers l'W cette voûte disparaît sous les formations quaternaires; vers le NE, au contraire, l'Urgonien forme de beaux affleurements et est exploité sur différents points. Au bord de la route, immédiatement après le pont sur le Borne, se voit un grand affleurement d'Urgonien en bancs plongeant vers le NW, sur lequel s'appuie la moraine latérale du glacier de l'Arve, remplie de blocs de protogine. En remontant la route entaillée dans le rocher Urgonien, il est facile de voir les bancs de celui-ci prendre un plongement de plus en plus faible, s'incurver en voûte et plonger finalement vers le SE. Dans une grande carrière, qui se trouve à côté de la route, à 300 m. à peine du pont, le flanc SE de l'anticlinal de Dessy est mis à jour sur une grande surface; au-dessus des calcaires gris en gros bancs, apparaissent ici quelques couches de grès grisâtres, associés à des calcaires marneux à Orbitolines, qui paraissent devoir représenter l'Aptien inférieur. Vers l'amont, la route pénètre ensuite dans les schistes feuilletés du Flysch inférieur, puis dans les grès du Macigno ou Flysch supérieur. Il

existe donc ici, entre l'Urgonien et le Flysch, une lacune stratigraphique qui correspond au Crétacique moyen et supérieur et à l'Eocène et qui frappe d'autant plus que, à une petite distance de là, autour des rochers de Leschaux, la série paraît être entièrement représentée.

L'anticlinal que nous venons de décrire est coupé par le Borne, qui s'y est creusé un chenal étroit aux parois abruptes; or, si l'on examine le cours depuis l'amont, on constate que, avant de s'engager dans cette gorge, il est brusquement dévié à droite; d'autre part, sur la rive gauche, le plateau du Credo est formé par un puissant revêtement de formations quaternaires: de l'ensemble de ces faits, il nous est permis de conclure que nous nous trouvons ici en présence d'un tronçon épigénétique de formation récente.

Le synclinal de Flysch qui suit vers le S l'anticlinal de Dessy est nettement déjeté et son flanc méridional est partiellement laminé par l'Urgonien de l'anticlinal d'Andey. L'on peut s'en convaincre facilement en examinant le contact qui est très net; en outre, il est facile de constater que le Macigno du cœur du synclinal est séparé par une épaisseur beaucoup plus grande de Flysch schisteux de l'Urgonien du N que de l'Urgonien du S.

La seconde voûte que traverse la route du Petit-Bornand correspond à l'*anticlinal d'Andey;* elle prend des proportions beaucoup plus importantes que la précédente et s'ouvre jusqu'à l'Hauterivien. Le flanc N est formé par les couches verticales, ou même faiblement renversées, du calcaire gris à *Requienia Ammonia*. Sous l'Urgonien, l'Hauterivien est formé en

grande partie par des alternances de calcaire noir et de marnes schisteuses, et se termine à la base par un banc puissant de calcaire noir très dur, qui forme le cœur de la voûte. Le contact entre l'Hauterivien et l'Urgonien du jambage S est marqué par de petites dislocations secondaires qui se manifestent de la façon suivante : sur l'Hauterivien s'appuient des lames minces formées alternativement d'Hauterivien et d'Urgonien, puis une vraie brèche de dislocation, constituée de débris des roches de ces deux étages ; ensuite vient un banc compact d'Urgonien, qui est surmonté par une zone de grès verts très décomposés à la surface, que j'avais cru d'abord pouvoir identifier avec le Gault ; mais ces grès diffèrent du Gault de la région par leur ciment beaucoup moins dur et par leur teinte beaucoup plus claire ; en outre, la présence du Gault dans cette situation serait difficile à expliquer ; aussi je considère actuellement cette zone de sables verts comme un remplissage sidérolithique par un bolus glauconieux d'une fente ouverte dans l'Urgonien. Au-dessus de cette bande de grès probablement sidérolithique, on trouve la série à peu près complète de l'Urgonien, qui forme une majestueuse paroi depuis sur le Scex, où elle se relie au jambage N du même pli en une voûte fermée, jusqu'au fond de la gorge du Borne, où elle se replie en synclinal.

Ce synclinal d'Urgonien rempli de Flysch, qui se poursuit vers l'E jusqu'à la vallée de l'Arve qu'il atteint à Vougy, sépare dans la vallée du Borne l'anticlinal d'Andey de celui du Brezon. La série urgonienne s'y prête bien à une classification stratigraphique et peut se subdiviser comme suit : *a)* calcaire gris clair à

requienies, *b)* calcaire brunâtre à polypiers, *c)* calcaires oolithiques gris avec bancs de grès siliceux blancs ou jaunâtres.

Après avoir traversé une zone étroite de Flysch schisteux, la route du Petit-Bornand rentre dans une barre puissante d'Urgonien, dont les couches sont redressées et même renversées sur le Flysch du côté N et qui délimite la grande zone anticlinale de la *Pointe d'Andey* et des *Rochers de Leschaux*. Cette vaste voûte dont le cœur se trouve au-dessous de Saxiad est limitée au S par le synclinal de Cenise qui atteint la vallée à plus de deux kilomètres en amont du Petit-Bornand ; sa surface est festonnée et se divise en deux anticlinaux, celui du Brezon ou de la Pointe d'Andey et celui des Rochers de Leschaux, séparés par le synclinal de Solaison-Saxonnet. L'anticlinal du Brezon, qui s'ouvre jusqu'à l'Hauterivien, est nettement déjeté vers le NW ; le synclinal de Solaison est intéressant par la présence ici, pour la première fois, du Gault et du Crétacique supérieur entre l'Urgonien et le Flysch ; les Rochers de Leschaux forment une voûte assez régulière d'Urgonien, flanquée de part et d'autre de grès verts albiens, de calcaires supracrétaciques, de Nummulitique et de Flysch ; quant au synclinal de Cenise, il descend profondément sur le flanc de la vallée et présente vers son fond des sinuosités secondaires bien visibles.

La route du Petit-Bornand, après avoir franchi la paroi d'Urgonien du flanc NW de l'anticlinal du Brezon, pénètre dans l'Hauterivien. Ce niveau est facile à reconnaître par sa teinte foncée et par ses alternances de bancs calcaires et de lits marneux ; il renferme, en outre, en divers points des fossiles ; à une centaine de

mètres au-dessus de la route, nous avons récolté en abondance des *Toxaster complanatus* et des *Ostrea Couloni*. Au-dessous de l'Hauterivien, le Valangien se distingue par son faciès de marnes grises qui deviennent feuilletées à la base. Les affleurements y sont très rares et pour bien juger des caractères lithologiques de cet étage, il faut suivre le Borne, qui y a creusé par places de profondes tranchées. Le Valangien est particulièrement bien mis à découvert vers le pont qui, de Termine, conduit sur la rive gauche. De là, en longeant le cours d'eau vers l'amont, on traverse d'abord une zone de marnes schisteuses sans fossiles, probablement infravalangiennes, qui plongent vers le NW, puis on arrive bientôt sur un complexe de calcaires noirs en bancs minces, à grain très fin et à cassure esquilleuse qui représentent ici la partie supérieure du Jurassique. Ces calcaires sont très pauvres en fossiles; on n'en a cité jusqu'ici que des Aptychus; nous y avons découvert un échantillon mal conservé d'Hoplites, qui paraît appartenir au type d'Hoplites Eudoxus. Le Malm dessine une voûte à faible courbure et plonge vers le SE sous le Valangien au-dessous du Petit-Bornand.

2° *Les Rochers de Leschaux et le Mont Saxonnet* (voir fig. 2 et 3). — En montant du Petit-Bornand vers Cenise, on commence par traverser un grand cône d'éboulement formé essentiellement d'Urgonien et descendu du flanc SW des Rochers de Leschaux. Le premier affleurement de roche en place que l'on rencontre est formé par une barre puissante d'Urgonien, qui correspond au flanc méridional de l'anticlinal de Leschaux et qui plonge fortement vers le SE. Après avoir traversé ce massif calcaire, le sentier s'engage

dans une combe albienne, bordée au N par les surfaces de couches de l'Urgonien, au S par les tranches de couches des calcaires supracrétaciques. Cette petite combe se poursuit jusque bien au delà des chalets de Cenise et, quoique les affleurements soient rares et incomplets, il est facile de se rendre compte qu'elle correspond à une zone de grès verts foncés ou noirs, associés à des argiles noires qui représentent l'Albien.

Au-dessus de Cenise, dans la direction du *plateau des Bourgets*, le profil du versant SE des Rochers de Leschaux est particulièrement net et permet d'étudier en détail la succession des formations crétaciques et tertiaires. On y reconnaît les termes suivants : 1° calcaire à requienies, qui forme la masse principale de l'Urgonien ; 2° alternances de calcaires blancs oolithiques et de grès siliceux, blancs ou jaunâtres, qui représentent probablement déjà la base de l'Aptien ; 3° des grès verdâtres tendres dans lesquels nous avons découvert plusieurs échantillons d'*Ostrea aquila ;* 4° des argiles schisteuses, foncées sans fossile, que je considère comme Albien inférieur ; 5° des grès verts très durs, remplis par places de fossiles parmi lesquels les espèces les plus fréquentes sont : *Rynch. sulcata*, *Ter. Dutemplei*, *Inoceramus sulcatus*, *Inoc. concentricus*, *Pleurotomaria regina*, *Aporrhaïs Orbignyana*. *Desmoceras Beudanti*, *Puzosia latidorsata*, *Acanthoc. Milleti* ; 6° calcaire gris très clair, du Crétacique supérieur, à grain très fin, à cassure esquilleuse, en bancs minces, qui ne renferment pas de fossiles, mais sont remplis de silex très caractéristiques ; 7° calcaire brunâtre compact et rempli de petites nummulites à la base, devenant marneux à la partie supérieure et passant ainsi progressivement à 8° schistes du Flysch inférieur.

Sur le plateau des Bourgets, deux failles à faible rejet coupent transversalement l'anticlinal de Leschaux (voir fig. 2), faisant butter le Gault contre l'Urgonien ; la lèvre affaissée est dans les deux cas la lèvre occidentale, et il semble qu'il y ait ici un phénomène de rupture en relation avec l'abaissement très rapide de l'axe de l'anticlinal vers la vallée de l'Arve ; par le fait que l'axe descend toujours plus rapidement du côté de l'E, il est incurvé en arc de cercle et des tensions ont dû forcément se produire dans les parties voisines de la surface, qui ont provoqué des fractures transversales et des déplacements. Je comparerai les failles du plateau des Bourgets aux ruptures qui se produisent du côté convexe d'une baguette insuffisamment flexible que l'on plie trop fortement.

Du reste, l'anticlinal de Leschaux présente d'autres dislocations, qu'on peut étudier en descendant du plateau des Bourgets et du mont Saxonnet sur Brezon ou sur Saxonnet (voir fig. 3). Du côté N, l'Urgonien, qui forme les beaux lapiez de Leschaux, s'incurve brusquement en genou, de façon à prendre un plongement presque vertical; contre lui s'appuie le Gault, puis le Flysch. Celui-ci forme un palier très visible et une zone de pâturages avec plusieurs chalets en travers de la pente boisée de la montagne ; il dessine un synclinal faiblement déjeté et est supporté par les calcaires à silex du Crétacique supérieur plongeant vers le SE. Ces derniers forment, au-dessous du Flysch, un second genou brusque, et un peu plus bas on les voit plonger fortement vers le NW, sous une nouvelle zone de Flysch, qui forme un deuxième palier de pâturage. Vers le bord externe de cette bande d'herbe peu incli-

née réapparaissent sous le Flysch le calcaire nummulitique, les calcaires à silex et le Gault, qui plongent vers le SW. Le Gault est supporté par l'Urgonien, dont les bancs très disloqués, marquent une nouvelle inflexion anticlinale très brusque, pour plonger finalement vers le NW, sous le synclinal de Flysch de Brezon.

Maillard a déjà dressé un profil du versant N des Rochers de Leschaux, qui correspond dans les grandes lignes à celui que je viens de décrire ; s'il diffère dans les détails et en particulier dans la forme des genoux qui deviennent ici des sortes de flexures, c'est que la coupe de Maillard a été prise plus à l'W, à Malatrait, où les plissements secondaires ont pris plus d'importance encore.

3° *La chaîne Vergys-Rocher de Cluses.* — La chaîne des Vergys est formée par un grand anticlinal déjeté, dont le flanc N est sensiblement vertical ou un peu renversé par place ; l'axe du pli s'abaisse visiblement vers le NE ; tandis qu'au Pic de Jalouvre l'Urgonien s'élève jusqu'à plus de 2300 m., il n'atteint plus l'altitude de 1500 m. au N de Romme, et de l'autre côté de la vallée de l'Arve, il disparaît sous le Flysch entre 1000 et 1100 m.

En montant de Cluse par Nancy et la Frasse vers Romme (fig. 4), on peut voir une bonne coupe à travers cet anticlinal près de son extrémité orientale. Dans Cluse même, et au bas de la route qui monte à Nancy affleure l'Urgonien en gros bancs de calcaire blanc à requienies, qui plongent presque verticalement vers le SE ; cet Urgonien est, d'autre part, traversé par une succession de plans de glissement inclinés de 45° à peu près vers le SE, qui donnent naissance à un cli-

vage intense de la roche et trompent à première vue sur le véritable plongement. La route forme ensuite plusieurs lacets dans l'Hauterivien, puis, remontant vers le NW, elle rentre dans l'Urgonien du jambage N à l'endroit où celui-ci est coudé brusquement en genou pour se relier à la voûte qui se ferme au-dessus de Nancy. De là, jusque près du hameau de la Frasse, on suit l'Hauterivien; avant d'arriver à cette dernière localité, on retrouve l'Urgonien, affleurant en bancs presque horizontaux avec un faible plongement vers le SE: dans le village même affleure le Gault et au-dessus de lui on traverse successivement le Crétacique supérieur, le Nummulitique et le Flysch. Le sentier de Romme suit ensuite, jusqu'au haut du col, un synclinal de Flysch, qui représente la fin du synclinal du Reposoir, et est chevauché vers le SE par l'Urgonien.

Une coupe analogue à celle que nous venons de décrire se montre dans la vallée transversale du Foron, entre Scionzier et Pralong. Sur le flanc N de la chaîne, au contact de l'Urgonien et du Flysch, on voit ce dernier présenter un plongement très irrégulier; il est évident qu'il y a eu ici chevauchement de l'Urgonien sur le Flysch et plissottement du second sous le premier.

Le flanc S de la chaîne des Vergys est formé depuis la cluse du Foron jusqu'au col d'Auferrand par une série très uniforme, comprenant l'Urgonien, le Gault, le Crétacique supérieur et le Nummulitique, qui plonge régulièrement vers le SE. Par contre, en se rapprochant du Grand-Bornand, on constate tout un réseau de fractures, qui ont complètement détruit la régularité de ce versant de montagne. Maillard a déjà donné

une description générale des failles qui disloquent cette région de la chaîne. Une grande fracture transversale, dirigée du village même du *Grand-Bornand* au SE, à l'extrémité des Rochers de Forcle au NW, fait butter le Nummulitiqne et le Flysch du côté S contre une paroi urgonienne qui supporte du Gault, du Crétacique supérieur et du Nummulitique. Plus au N la vallée s'élargit brusquement vers l'W par la formation d'un grand cirque de pâturages, compris entre la pointe de Maise, les Rochers de Forcle et les hauteurs de Bois Bercher, et dont l'origine est due à un effondrement local.

Après avoir suivi le pied de la pente boisée de *Bois Bercher*, on arrive au *Planay*, sur un petit affleurement de calcaire gris, presque blanc, rempli de nummulites et renfermant, d'autre part, à profusion, une grosse huître à coquille trés épaisse, de forme subcirculaire avec deux valves fortement bombées, qui paraît se rapprocher beaucoup de *Ostrea gigantica* Brander et de *Ostrea latissima* Desh ; ce calcaire nummulitique plonge vers le SE. En remontant au-dessus des chalets de Planay. dans le bois, on rencontre successivement le Crétacique supérieur à silex, puis les grès verts et les argiles du Gault, puis l'Urgonien qui forme arête. Les affleurements de ces différents terrains sont assez mal repairés ici sur la carte ; l'Urgonien est prolongé trop bas vers l'E et l'extension du Gault est énormément exagérée aux dépens du Crétacique supérieur et surtout du Nummulitique, qui forme toute la partie inférieure de la pente boisée au-dessus de Planay.

Cette série concordante, qui plonge vers le SE, est interrompue brusquement au N par une faille dirigée WSW-ENE, qui fait butter l'Urgonien contre le Nummu-

litique; c'est la faille S du petit bassin d'effondrement de la Place; celui-ci est délimité à l'W par une fracture longitudinale qui suit le versant oriental des Rochers de Forcle, et au N par une troisième faille qui, avec une direction EW, coupe le flanc méridional de l'Aiguille de Maise. Tout autour de ce cirque affleure l'Urgonien ou même l'Hauterivien (col de Maise); dans l'intérieur on ne trouve que du Flysch et du calcaire nummulitique. Ces derniers offrent du reste des ondulations lon-

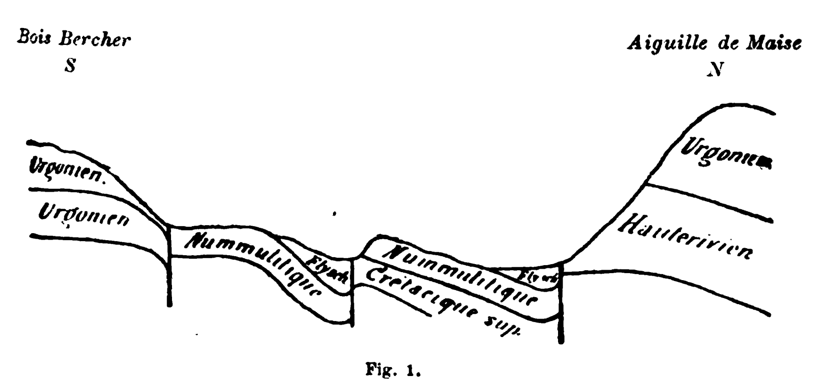


Fig. 1.

gitudinales et même une faille à faible rejet qui sont indiquées dans le profil ci-joint.

L'Aiguille de Maise est encore coupée sur son versant oriental par une faille longitudinale qui, passant avec une direction SW-NE au-dessus des gisements classiques de la Gondinière, met en contact le Crétacique supérieur et l'Urgonien.

4° *Klippe des Annes et de Lachat* (voir fig. 5, 6 et 7). — La klippe des Annes, formée essentiellement de Trias et de Lias, est entourée de toute part par le Flysch du grand synclinal du Reposoir. Le Flysch plonge d'une façon générale sous les formations beau-

coup plus anciennes de la klippe qui le recouvrent tantôt en une série normale, tantôt par un jambage renversé et laminé.

Si, après avoir suivi pendant un peu plus de deux kilomètres le chemin qui, de Pralong, conduit au col d'Auferrand, on remonte le flanc droit de la vallée dans la direction de la pointe d'Almet, on peut relever dans un petit ravin à l'W des chalets de la Touvière le profil suivant :

1° A la base des schistes marneux du Flysch, qui plongent vers le SE.

2° Une couche peu épaisse et énergiquement laminée de calcaire gris à grain fin du Crétacique supérieur.

4° Un complexe de grès et de conglomérats que Maillard considérait comme triasiques, mais qui sont incontestablement tertiaires, car ils contiennent de nombreux galets d'Urgonien et de Crétacique supérieur.

5° Une mince couche d'argiles schisteuses (probablement du Trias inférieur).

5° Des calcaires noirs en bancs alternant avec des lits marneux de l'Infralias.

Au-dessus de ces affleurements la roche en place disparaît sous un petit éboulement, puis on rencontre, près d'une cascade du torrent, une zone étroite d'argiles rouges du Trias supérieur plongeant très fortement vers le S et supportant le Rhétien et le Lias. Celui-ci est représenté par un calcaire compact, gris, en bancs minces, avec d'assez nombreuses sections de Belemnites, qui ne se prêtent malheureusement pas à une détermination précise.

Plus haut encore le Lias dessine un synclinal déjeté vers le N, qui est bien visible à distance et sur lequel se superpose la série liasique du sommet de la chaîne.

De l'autre côté du massif d'Almet, dans les environs des chalets *des Annes*, il est facile d'établir les relations qui existent entre le Flysch et les formations qui lui sont superposées. En montant de Sommier dessous par le raccourci qui conduit aux Annes, on traverse d'abord une puissante assise de grès moucheté de Macigno plongeant vers le N, sur lesquels reposent des schistes marneux du Flysch inférieur ; et cette zone de grès peut se suivre fort loin vers l'E, sur le flanc de la pointe d'Almet où elle donne lieu à un ressaut bien marqué. Sur le Flysch schisteux chevauchent les schistes noirs très feuilletés du Trias inférieur, que Maillard désigne sous le nom d'argilites et qui sont recouverts par les cornieules. Celles-ci, qui affleurent au milieu des chalets des Annes, forment une zone facile à retrouver au-dessus des grès mouchetés sur le flanc oriental de la Pointe d'Almet. Au-dessus des chalets on rencontre des argiles rouges du Trias supérieur, puis le Rhétien formé par un banc dolomitique à la base et par des lumachelles alternant avec des bancs de calcaire gréseux et des lits marneux. Le Lias, qui débute par un complexe de calcaires noirs à silex et est formé en grande partie par un calcaire gris à grain fin, en bancs peu épais, se recourbe nettement pour plonger finalement sous l'arête d'Almet vers le S.

Si, des Annes, on se dirige vers *Maroly*, on voit au col le Rhétien et les argiles rouges du Trias supérieur du massif rouge d'Almet plonger presque verticalement, avec une direction EW ; le Trias s'appuie contre une

nouvelle couche de Rhétien intensément disloquée, qui, au contact avec le premier, paraît plonger verticalement, mais qui, à une petite distance, s'incurve de façon à former une zone sensiblement horizontale au sommet de l'arête de Maroly et à plonger faiblement vers le NW. M. Lugeon ayant cherché, lors de la réunion de la Société géologique suisse à Genève, à expliquer le contact entre le Trias et le Rhétien au col de Maroly par une faille verticale coupant des couches peu inclinées, je suis retourné sur les lieux et j'ai été absolument confirmé dans ma première manière de voir, c'est qu'il y a ici, non une véritable faille, mais un chevauchement du Trias d'Almet sur un genou du Rhétien appartenant à la Klippe de Lachat.

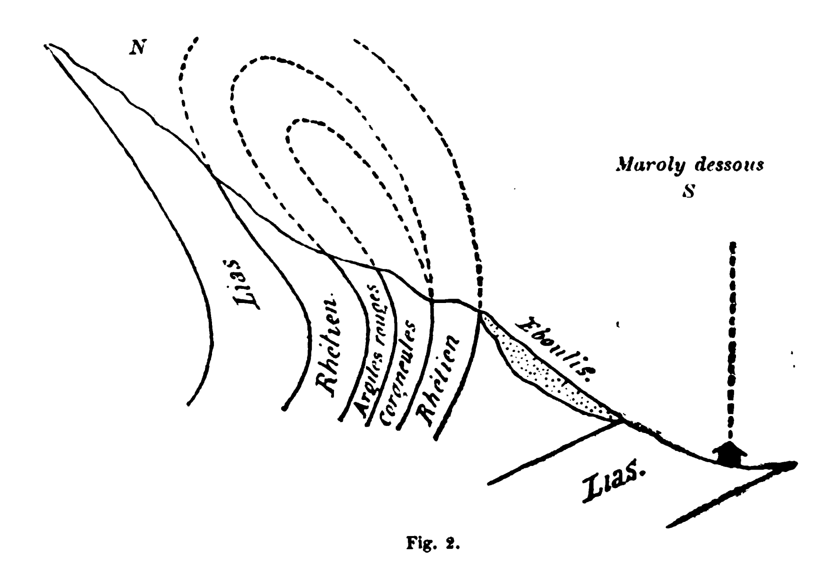


Fig. 2.

Un peu plus loin, au-dessus de Maroly dessous, un nouveau profil vient à l'appui de cette interprétation :

au niveau des chalets affleure le Lias, qui plonge faiblement vers le NW; au-dessus les pentes sont couvertes sur une certaine hauteur d'éboulis, qui cachent complétement la roche en place, puis on arrive à un banc de dolomie rhétienne, plongeant vers le N et surmonté par une couche de cornieule qui dessine un genou bien net; au-dessus de la cornicule affleurent les argiles rouges et le Rhétien avec un plongement très fort vers le S. On ne peut s'expliquer l'affleuremené de Rhétien sous la cornieule qu'en le considérant comme un reste du flanc laminé d'un pli faille, et ce flanc laminé correspond au plan de chevauchement du col de Maroly.

Maillard a donné une description et un profil détaillé du versant N de la Pointe de Lachat auxquels je n'ai pas grand'chose à ajouter; je dois pourtant faire remarquer que, malgré plusieurs recherches, je n'ai trouvé nulle part le Flysch en transgression sur les formations triasiques et jurassique de la klippe, tel que l'indique Maillard; il doit y avoir eu ici erreur de sa part; par contre, près de la Duche, il y a discordance frappante entre le Trias et le Flysch.

5° *Chaîne de la Pointe Percée et des Aravis* (voir fig. 4, 5, 6 et 8). — Nous avons vu, dans un précédent paragraphe, que, au S de la Frasse, vers son extrémité NE, la chaîne des Aravis chevauche sur le synclinal du Reposoir, l'Urgonien vertical ou même renversé entrant en contact direct avec le Flysch. Vers le SW le synclinal du Reposoir s'élargit et, sur le flanc de la chaîne, se superposent en série normale, plongeant au NW, l'Urgonien, le Gault, le Crétacique supérieur et le Nummulitique avec des faciès absolument

semblables à ceux que nous avons trouvés dans les chaînes des Vergys et de Leschaux. Plus loin encore, sur les flancs de la *Pointe d'Areu*, l'Urgonien dessine un synclinal secondaire bien net, qui est rempli par du Gault, du Crétacique supérieur et du Nummulitique; puis les couches reprennent un plongement faible vers la vallée du Foron qui est ici isoclinale et se creuse dans l'Urgonien. Au-dessous de Sommier dessous, le long du chemin, on suit des affleurements de grès verts albiens très fossilifères avec *Holaster laevis*, *Rhynchonella sulcata*, *Hoplites regularis*, *Acanthoceras mamillare*, *Hamites attenuatus*, etc., etc.

Dans la région de la Pointe Percée et du col des Annes les formations crétaciques sont couvertes par un épais manteau de Flysch, épargné par l'érosion, au milieu duquel pointe un complexe puissant de grès mouchetés.

Au S du massif d'Almet un chaînon se détache du pied NW de la chaîne des Aravis; cet anticlinal se marque tout d'abord par l'apparition d'une masse considérable d'Urgonien au milieu du Flysch au S du Plan, puis il donne naissance à la *montagne de la Clusaz*, qui représente une belle voûte urgonienne avec cœur hauterivien, coupée transversalement par le torrent du Nom. La carte géologique France (feuille d'Annecy) indique cette voûte comme formée essentiellement d'Urgonien contre lequel s'appuierait sur les deux versants le Flysch. En réalité, la lacune stratigraphique n'est pas aussi complète, et j'ai constaté la présence sur l'Urgonien des deux flancs de la chaîne d'un calcaire gris clair, presque blanc, qui renferme en grande abondance des Nummulites et dans lequel j'ai retrouvé

la même grosse huître *Ostrea af. gigantica* qui caractérise le Nummulitique de Planay. Par contre, je n'ai pas trouvé de traces de Crétacique supérieur ou de Gault entre le Nummulitique et l'Urgonien; et ces deux dernières formations, considérées seulement à une petite distance, diffèrent si peu l'une de l'autre qu'elles ont facilement pu être confondues. Un peu en aval de la *Clusaz*, la route est taillée dans une paroi de rocher, dans laquelle on peut voir nettement la superposition des calcaires nummulitiques à grosses huîtres sur les calcaires urgoniens à *Requienia Ammonia*. En outre, vers la sortie E du village un éboulement important, dû à un glissement des couches du flanc S de l'anticlinal, est formé essentiellement de calcaire nummulitique.

Au S de la Clusaz, la route du col des Aravis traverse un large synclinal de Flysch schisteux et de Macigno, puis elle coupe successivement la série complète du Nummulitique, du Crétacique supérieur, du Gault, de l'Urgonien de l'Hauterivien et du Valangien. Tout ce complexe puissant, plongeant vers le NW, forme le versant N de la chaîne des Aravis; le Valangien, qui, par la nature très délittable de ses marnes, forme des pâturages pauvres en affleurements, se trouve au col même. Au-dessus de l'auberge des Aravis, du côté du SW, un décrochement de l'Urgonien et du Néocomien a donné lieu, sur les flancs du Rocher de l'Etale, au profil indiqué à la figure 8.

En descendant du col des Aravis à la Giettaz on traverse la série normale du Jurassique supérieur, plongeant faiblement vers le NW, qui se décompose comme suit : 1° calcaires compacts, gris bleuâtres, en

bancs minces, qui représentent le Portlandien, le Kimmeridgien et probablement le Séquanien ; 2° marnes schisteuses noires qui correspondent à l'Oxfordien et au Callovien.

Le Dogger affleure dans les environs de la Giettaz, sous forme d'alternances de bancs calcaires minces et de marnes schisteuses. Un peu au-dessous du village la route s'engage dans le Lias en couches presque horizontales, qu'elle suit jusque près de l'entrée de Flumet. Ce Lias est composé de schistes marneux foncés, qui deviennent ardoisiers à la base (exploitation d'ardoises avant d'arriver à Flumet) et dans lesquels s'intercalent, surtout dans la partie médiane, des zones calcaires.

A Flumet affleure le Trias, qui débute à la base par un complexe de grès quartzitiques et de conglomérats granitiques sur lequel reposent des cornieules. Les quartzites, presque horizontaux, reposent en discordance des plus marquée sur les schistes cristallins et le Houiller, qui, redressés presque verticalement, montrent une direction SW-NE. Le Houiller, pincé en synclinaux étroits dans les micachistes, prend la forme de grès schisteux, rouges, intensément dynamométamorphisés. De beaux contacts entre le Trias et les roches sous-jacentes s'observent dans les environs immédiats de Flumet et en particulier sur la route qui, de cette localité, conduit à Mégève.

Genève, le 26 novembre 1902.

ÉTUDE THERMIQUE

DE

QUELQUES ALLIAGES DE CUIVRE ET D'ALUMINIUM

PAR

W. LOUGUININE et A. SCHUKAREFF

(Deuxième mémoire)

(Avec les planches II et III.)

La détermination de l'effet thermique accompagnant la formation des alliages de cuivre et d'aluminium présente de grandes difficultés. Aucun des réactifs employés jusqu'à présent dans ce genre de recherches ne peut servir dans ce cas, car ils sont sans action sur l'un ou l'autre de ces deux métaux. Il est facile de s'en convaincre en passant en revue les substances généralement employées dans ce genre d'expériences. En effet : l'acide chlorhydrique agit sur l'aluminium, mais ne produit aucun effet sur le cuivre ; le mélange d'acide nitrique et d'anhydride chromique, que nous avons indiqué dans notre premier mémoire, agit bien sur le cuivre, mais non sur l'aluminium ; enfin le réactif dont s'est servi en dernier lieu Baker (*Philosophical Transactions*, série A, vol. 196, pp. 529-546) dans son étude thermique des alliages de cuivre et de zinc (Fe^2Cl^6 + une certaine

quantité de NH^4Cl) ne peut être employé dans le cas qui nous intéresse, comme nous nous en sommes assurés par des expériences spéciales. Il se produit lors de son action sur l'aluminium une réaction secondaire accompagnée d'un dégagement d'hydrogène.

C'est grâce au conseil que Berthelot a donné à l'un de nous que nous avons pu résoudre, si ce n'est complètement, du moins en partie, le problème que nous nous étions posé. Il y a quelques années de cela, Berthelot a indiqué à l'un de nous comme réactif pouvant servir à l'étude thermique des alliages de cuivre et d'aluminium une solution de brome dans une solution concentrée de bromure de potassium, et en effet, grâce à ce conseil, nous avons pu faire l'étude thermochimique de quelques-uns de ces alliages.

Notre travail était terminé quand nous avons eu connaissance du mémoire de Hereschkowitsch (*Beitrag zur Kenntniss der Metallegierungen. Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 27 Band) qui, sous son titre assez général n'avait d'abord pas attiré notre attention. Dans la deuxième partie de son mémoire, Hereschkowitsch a donné une étude thermochimique de plusieurs alliages et se sert également comme réactif d'une solution de brome dans une solution aqueuse de bromure de potassium; il a employé ce réactif grâce à un conseil qu'Oswald lui a donné. Les recherches de Hereschkowitsch n'ont pas porté sur les alliages qui ont fait le sujet de notre étude et ont été exécutées à l'aide d'une solution de brome d'une composition différente de celle que nous avons employée. La solution à laquelle nous nous sommes arrêtés, après quelques tâtonnements, avait la composition suivante ; 60^{gr} de KBr sec ont été dissous dans

100^{gr} de H^2O, la densité de cette solution = 1,345 à 19° et correspond à peu près à celle d'une solution saturée. Il a été dissous dans 100^{gr} de cette solution 40^{gr} de Br pur et sec (distillé avec un thermomètre); la densité de cette solution = 1,551 et sa chaleur spécifique, que nous avons déterminée vers 20° = 0,5086; cette solution correspond à peu près à la composition suivante : 2 parties de H^2O, 1 partie de KBr et un peu plus d'une partie de Br. Elle ne dégageait presque pas de vapeurs de brome. La solution employée par Hereschkowitsch était composée de 2 parties de H^2O, 1 partie de KBr et deux parties de Br. Elle contenait par conséquent une plus grande proportion de brome et dégageait probablement des vapeurs de cette substance. La chaleur spécifique de cette solution vers 20° = 0,4550.

Nous nous sommes arrêtés à la composition de la solution de brome donnée plus haut, comme étant applicable au cuivre qui, à l'état de grande division, s'y dissout complètement en se transformant en $CuBr^2$ absolument soluble, et à l'aluminium contenu dans les alliages que nous avons étudiés, sur lesquels elle agit d'une manière vive mais pas trop tempêtueuse.

Nous nous sommes bientôt aperçus que notre réactif n'était pas applicable à tous les alliages de cuivre et d'aluminium, mais seulement à ceux ne contenant pas plus de 50 °/₀ d'aluminium; pour les alliages contenant une plus grande proportion de ce métal, la réaction principale est accompagnée d'une réaction secondaire qui peut se produire d'après l'une des équations suivantes :

1) $Al + 2Br + H^2O = Al(OH)Br^2 + H$
2) $Al + Br + 2H^2O = Al(OH)^2Br + 2H$

Il y a dégagement d'hydrogène; dans ces cas par conséquent notre solution de brome ne pouvait être employée.

Toutes les tentatives que nous avons faites pour trouver un réactif applicable aux alliages plus riches en aluminium n'ont jusqu'à présent pas abouti, et nous nous voyons obligés de nous limiter dans ce mémoire à l'étude thermique de ceux qui contiennent moins de 50 °/₀ d'aluminium, sur lesquels le brome agit sans qu'il se produise de réaction secondaire, et dans lesquels par conséquent il n'y a pas de dégagement d'hydrogène, ou dégagement tellement faible qu'il peut être négligé.

Nos recherches ont porté sur les alliages suivants :

1) Cu^3Al.
2) Cu^2Al.
3) Cu^3Al^2.
4) $CuAl$.
5) Cu^2Al^3.
6) $CuAl^2$.

Pour l'alliage suivant, $CuAl^3$, notre réactif ne peut plus servir, car il y a dégagement très appréciable d'hydrogène, dégagement qui est encore plus abondant pour l'alliage $CuAl^4$. Notre insuccès dans l'étude de l'alliage $CuAl^3$ est d'autant plus regrettable que cette substance a été obtenue par nous sous forme de magnifiques cristaux, en aiguilles longues parfois de deux centimètres, et présente par conséquent l'aspect d'une substance définie. Malgré l'insuccès de nos recherches thermiques sur cet alliage, nous en donnons plus loin la description et l'indication de quelques-unes de ses propriétés physiques.

Nous nous sommes servis dans nos expériences de l'appareil décrit dans notre premier mémoire (*Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 15 janvier 1902), en y faisant quelques modifications rendues nécessaires par le caractère des alliages étudiés et du réactif employé. Nous nous sommes servis du même calorimètre muni de son agitateur hélicoïdal et contenant à peu près 800 gr. d'eau. Dans ce calorimètre plongeait la chambre en platine qui avait déjà servi dans nos premières recherches; dans les recherches actuelles, cette chambre contenait, non pas l'alliage, mais 50 cc. de la solution de brome, dont la composition, la densité et la chaleur spécifique ont été indiquées plus haut[1]. L'orifice supérieur de la chambre en platine était fermé par un bouchon en caoutchouc traversé par une éprouvette en verre A représentée sur le dessin (voir la Pl II).

Cette éprouvette se terminait par une partie conique B ouverte par en bas, mais pouvant être fermée à l'aide d'un bouchon en verre C qui y était soigneusement rodé. A ce bouchon était soudée une tige en verre D qui permet de le retirer à l'intérieur de l'éprouvette et de dégager ainsi son ouverture inférieure. L'alliage réduit en poudre a été introduit en quantité exactement pesée dans l'espace resté libre entre la tige centrale et les parois de l'éprouvette. Cette tige, ainsi que le bouchon rodé étaient traversés par un canal d'à peu près 1 millimètre de diamètre, dans lequel était

[1] Cette disposition a été adoptée vu la nécessité d'avoir un excès de réactif pour rendre plus rapide la dissolution des alliages, surtout de ceux contenant beaucoup de cuivre.

placé un gros fil de platine E terminé au-dessous de l'éprouvette par les ailettes F d'un petit agitateur également en platine, destiné à mélanger le liquide contenu dans la chambre de platine et faciliter ainsi la dissolution de l'alliage qui y tombe lors de l'ouverture de l'orifice inférieur de l'éprouvette; on faisait agir l'agitateur à la main avant chaque lecture du thermomètre plongé dans le calorimètre, par conséquent à des intervalles de temps égaux. Durant la période initiale et une partie de la période principale de l'expérience, la partie inférieure de l'éprouvette se trouvait placée un peu au-dessus du liquide occupant la chambre.

Au commencement de la période principale de l'expérience, on retire le bouchon rodé dans l'interieur de l'éprouvette, l'alliage tombe dans le réactif, après quoi on commence à faire agir le petit agitateur pour activer l'action du liquide sur le métal. Cette opération était indispensable, surtout pour les alliages contenant beaucoup de cuivre, car sans l'emploi du petit agitateur, l'expérience se prolongeait très longtemps (25 à 30 minutes) et la correction pour le refroidissement du calorimètre devenait considérable. Pour être absolument assuré que tout l'alliage pris pour l'expérience avait été dissous, on abaissait, vers la fin de la période principale, l'éprouvette, de maniére à ce que sa partie inférieure plongeât dans le liquide qui, en y pénétrant, achevait de dissoudre les derniéres parcelles d'alliage qui avaient pu rester attachées à la paroi de l'éprouvette et avaient échappé à la réaction. L'expérience elle-même a été exécutée d'après la méthode décrite dans notre premier mémoire.

Il n'a été fait aucune innovation dans la préparation des alliages. On commençait par fondre dans un creuset le métal le moins fusible, c'est-à-dire le cuivre, et on y ajoutait l'aluminium pris en petits morceaux de la grosseur d'une noisette, les deux métaux étaient pris en proportion correspondant à la composition moléculaire de l'alliage qu'on désirait obtenir. Si, à l'analyse il se trouvait un excès de l'un des deux métaux, on refondait l'alliage et on y ajoutait le métal manquant. Le mélange liquide était brassé à l'aide d'une tige de porcelaine et versé sur du sable sec. Les alliages contenant 50 °/₀ d'aluminium et plus, étaient préparés en fondant au four Perrot l'aluminium et en jetant dans le métal liquide le cuivre pris en petits morceaux solides. Nous nous sommes servis pour la préparation de nos alliages des métaux les plus purs que nous avons pu obtenir; c'était du cuivre électrolytique qui, à l'analyse, s'est trouvé être absolument pur, et de l'aluminium contenant 0,5 °/₀ de fer et des traces de substance insoluble dans les acides. Nous avons fait l'analyse des alliages étudiés, en déterminant par titration le cuivre qu'ils contenaient, l'aluminium a été trouvé par différence. Nous nous sommes servis pour la détermination du cuivre de la méthode Volhard (précipitation du cuivre par le rhodanate d'ammonium en présence de l'acide sulfureux et titration du liquide, préalablement séparé par filtration du dépôt formé, à l'aide du nitrate d'argent).

Données expérimentales.

A. *Chaleur de formation du $CuBr^2$ dissous.*

Le cuivre employé pour ces expériences a été réduit

en poudre extrêmement fine à l'aide d'une lime, puis au moyen d'un aimant on en a retiré les parcelles de fer pouvant provenir de la lime. La poudre ainsi obtenue a été passée d'abord par un tamis métallique très serré, puis à travers une toile extrêmement fine et résistante ; ainsi séparée des grains plus gros, elle avait la consistance d'une poudre impalpable ; ce n'est que dans ces conditions et en prenant un très grand excès de réactif, que nous avons pu obtenir la dissolution assez rapide de tout le métal employé. Nous avons obtenu pour 1 gr. de cuivre dissous un dégagement de chaleur de :

591,1 cal.
593,8
593,2
} Moyenne = 592,7 cal.

L'expérience extrême en diffère de 0,27 %. Pour 63 gr., c'est-à-dire le poids atomique en grammes du cuivre, nous trouvons un dégagement de $592,7 \times 63 = 37340,1$ cal.

Nous avons déterminé la chaleur de dissolution du brome dans le bromure de potassium (suivant la composition du réactif qui a été indiqué plus haut) et avons trouvé pour un gramme de brome dissous un dégagemet de :

13,06 cal.
13,73
} Moyenne = 13,39

La moyenne diffère des expériences de 2,5 %, ce qui, vu la petite quantité de chaleur mesurée, est encore satisfaisant. La chaleur de dissolution pour 2×80 gr. de brome (poids de 2 atomes de Br. en grammes) = 2144 cal.

Pour obtenir à l'aide de ces nombres la chaleur de formation du $CuBr^2$, en partant de Cu métallique et du brome liquide, mais non dissous dans la solution dont nous nous servons, le sel $CuBr^2$ étant dissous dans la solution, il faut ajouter à la chaleur de formation trouvée, c'est-à-dire 37340,1 cal. la chaleur de dissolution de 2×80 gr. de brome dans notre réactif, soit 2144 cal. En effet nous savons que la chaleur dégagée dans une réaction ne dépend que de l'état initial et final, et non de la manière dont s'effectue le passage de l'un à l'autre. Dans notre cas l'état initial est $Cu + Br^2$ liquide, mais non dissous dans le réactif; l'état final, le sel $CuBr^2$ dissous dans le réactif. Le passage de l'un à l'autre peut se faire de deux manières différentes :

a) action de Br liquide, mais non dissous dans le réactif, sur Cu métallique et dissolution du $CuBr^2$ formé dans ce dernier, c'est la valeur cherchée Q, difficilement accessible à l'expérience directe.

b) Dissolution de Br dans le réactif, ce qui correspond à un dégagement de *q* calories, puis action de cette solution de brome sur le cuivre métallique avec formation de $CuBr^2$ dissous dans le réactif, c'est la valeur que nous avons déterminée, soit Q' la chaleur dégagée dans ces conditions. L'état initial et final étant les mêmes, nous avons $q + Q' = Q$. c.q.f.d. et $Q = 37340 + 2144 = 39484$ cal.

Ce nombre est voisin de celui donné par Thomsen (40900 cal.). La différence entre notre nombre et le sien peut être attribuée à ce que le premier se rapporte à $CuBr^2$ dissous dans l'eau, et le notre à une dissolution dans notre réactif (Br dans une solution

aqueuse de KBr). Pour avoir des nombres tout à fait comparables, il eût fallu connaître les deux chaleurs de dissolution de $CuBr^2$.

B. *Chaleur de formation de* $AlBr^3$.

La détermination de la chaleur de formation de cette substance ne peut être faite directement, vu les réactions secondaires qui accompagnent l'action du brome (dissous dans une solution de KBr) sur l'aluminium.

Pour arriver à déterminer cette valeur, Berthelot a employé deux procédés indirects que nous citerons plus loin. De notre côté, nous avons fait cette détermination de la manière suivante. Nous avons trouvé :

1) La chaleur de dissolution de Al dans une solution aqueuse de HBr en nous servant pour cela de la méthode indiquée dans notre premier mémoire.

2) La chaleur de dissolution de $AlBr^3$ anhydre dans notre solution aqueuse de HBr.

1) Chaleur de dissolution de Al dans un acide ayant la composition $HBr + 8,5\ H^2O$ (densité $= 1,383$ à 18°).

Il a été trouvé pour 1 gr. d'aluminium :

1) 4549,8
2) 4540,7 — Moyenne = 4531,4
3) 4503,7

dont l'expérience extrême diffère de 0,53 °/₀. Pour 27 gr. (poids atomique en grammes de l'aluminium), la chaleur sera égale à 112347,8 cal. En ajoutant à ce nombre la chaleur absorbée par la vaporisation de l'eau qui, à la température ordinaire, sature la quantité d'hydrogène dégagée, chaleur qui, d'après Thom-

sen. est égale à 342 cal. (*Thermochemische Untersuchungen*, vol. III, pages 228-239) on obtient la valeur 112690 calories.

2) *Chaleur de dissolution de $AlBr^3$ anhydre* (le sel a été analysé et trouvé très pur) dans un acide de la composition $HBr + 8{,}5\ H^2O$, Nous avons trouvé pour 1 gr. de sel dissous un dégagement de :

1) 299,63 cal.	Moyenne = 298,02 cal.
2) 297,14	
3) 297,30	

dont l'expérience extrême diffère de 0,54 °/₀. Ce qui nous donne pour une molécule de $AlBr^3$ en grammes 79.571 cal.

Calculons à partir de ces nombres la chaleur de formation de $AlBr^3$ solide. Nous avons trouvé la chaleur de formation de $AlBr^3$ en partant de Al métallique et de l'acide $HBr + 8{,}5\ H^2O$, dans le cas où le sel reste dissous dans l'excès de l'acide = 112690 cal. par gramme-molécule.

Si notre sel, après sa formation, ne s'était pas dissous, sa chaleur de formation eût été moindre ; il eût fallu retrancher du nombre trouvé la chaleur de dissolution de ce sel dans l'excès de notre acide, nombre que nous avons trouvé égal à 79571 cal. par gramme-molécule, et la chaleur de formation de $AlBr^3$ solide en partant de Al métallique et de l'acide $HBr + 8{,}5\ H^2O$ serait = 112690 — 79571 = 33119 cal.

Si notre sel $AlBr^3$ eut été formé en partant non pas de l'aluminium métallique et de HBr aqueux, mais de l'aluminium et du brome pur, le dégagement de chaleur eût été plus grand, et dans ce cas il aurait fallu ajouter la chaleur absorbée par la décomposition de

HBr aqueux en $3 \times 8,5$ H^2O,3H et 3Br. Berthelot a trouvé pour la chaleur de formation de HBr + ∞ H^2O (chaleur qui est évidemment l'inverse de la chaleur de décomposition de ce corps) 28600 cal.

La chaleur de dilution de notre acide HBr + 8,5 H^2O jusqu'à l'∞ (c'est-à-dire jusqu'à un état tel qu'une nouvelle adjonction d'eau ne produit plus d'effet thermique) a été déterminé par nous à l'aide d'expériences spéciales et trouvée égale pour 1 gr. d'acide :

$$\left.\begin{array}{r}1)\ 5,382 \\ 4,954\end{array}\right\} \text{Moyenne} = 5,168 \text{ cal.}$$

Un gramme de notre acide contient 0,006 parties d'une molécule de HBr en grammes, ce qui correspond plus exactement à la composition HBr + 8,55 H^2O. Nous avons déterminé ce nombre par titration de notre acide. Si un gramme contenant 0.006 mol. de HBr dégage à la dissolution 5.168 cal., la quantité d'acide contenant 1 mol. de HBr doit dégager $\frac{5.168}{0.006} = 861.4$ cal. Pour calculer la chaleur de formation de notre acide en partant de 8,55 H^2O liquide, H gazeux et de Br liquide, nous devons diminuer le nombre donné par Berthelot de la valeur de la chaleur de dissolution de notre acide jusqu'à l'infini, que nous avons trouvé égale à 861 cal. Nous trouvons ainsi : 28600 — 861 = 27739 cal., et pour 3 molécules de HBr.

$3 \times 27739 = 83217$ cal., nombre qui représente la chaleur de décomposition de 3 molécules de notre acide en $3 \times 8,55$ H^2O = 25,6 H^2O, 3H gazeux et 3 Br liquide. En ajoutant ce nombre à celui que nous avons trouvé pour l'action de l'acide bromhydrique sur

l'aluminium métallique, nous obtenons la valeur suivante : 33119 + 83217 = 116336.

Ce nombre représente la chaleur de formation de $AlBr^3$ anhydre en partant de Al métallique et de 3 Br liquide. Ce nombre peut être comparé à ceux que Berthelot a trouvés pour la même réaction en employant deux méthodes différentes :

a) Action de 3KBr sur $AlCl^3$ avec formation de 3KCl + $AlBr^3$ (*Comptes rendus*, 1881, p. 787). La chaleur de formation de $AlBr^3$ a été trouvée dans ces expériences égale à 119700 calories. Malheureusement la chaleur dégagée dans cette réaction est très faible, le calcul compliqué et les nombres obtenus varient beaucoup.

b) Action de NH^3 sur $AlBr^3$ qui a donné pour la chaleur de formation de $AlBr^3$: 121950 calories. Dans ce cas Berthelot lui-même ne répond pas de la pureté du sel $AlBr^3$ dont il disposait (*Thomsen-Thermochemische Untersuchungen*, vol. 3, p. 240). Nous prendrons pour la chaleur de formation de $AlBr^3$, d'après Berthelot la moyenne des deux nombres trouvés par lui dans ces deux réactions soit 120825 calories.

Ce nombre ne diffère pas beaucoup de celui que nous avons obtenu, d'autant plus qu'il faut prendre en considération la différence des méthodes employées, les calculs nombreux, etc.

Pour déduire de notre nombre la chaleur de dissolution de l'aluminium métallique dans notre réactif (brome dissous dans une solution aqueuse de KBr), en admettant qu'il ne se produise aucune réaction secondaire, il est indispensable de connaître : *a)* la chaleur de dissolution du brome dans notre solution aqueuse de

KBr; *b)* la chaleur de dissolution de $AlBr^3$ dans notre réactif. Les expériences qui se rapportent à *a*) ont été citées plus haut, nous avons trouvé que la dissolution de trois atomes de brome dans notre réactif était accompagnée d'un dégagement de $13,39 \times 3 \times 80 = 3213,6$ cal.

Pour déterminer la chaleur de dissolution de $AlBr^3$ *b)* nous avons opéré de la manière suivante : Nous faisions tomber une quantité exactement pesée de $AlBr^3$ très pur dans la chambre de platine contenant le réactif; immédiatement après quoi on la fermait à l'aide d'un bouchon en caoutchouc. Il s'est toujours produit dans ces expériences, quelques moments après l'introduction du sel $AlBr^3$, une assez forte explosion, mais jamais il n'y a eu de projection de liquide hors de la chambre. Ces expériences nous ont donné pour 1 gr. de $AlBr^3$ employé :

1) 321,8 cal.
2) 332,4 } Moyenne = 336,4 cal,
3) 336,7

dont l'expérience extrême diffère de 0,90 °/₀. Ce qui, pour 276 gr. (molécule en gramme de $AlBr^3$) donne 89071 calories.

Nous avons trouvé plus haut que la chaleur de formation du sel anhydre $AlBr^3$, en partant de l'aluminium métallique, du brome liquide, mais non dissous dans le réactif, était égal à 116336 calories. Si le brome avait été dissous dans notre réactif la chaleur de formation de $AlBr^3$ eut été moindre, il eut fallu retrancher la chaleur de dissolution du brome dans notre réactif. Si dans les mêmes conditions le produit de la réaction du brome dissous, c'est-à-dire $AlBr^3$ eût été

également dissous dans notre réactif, la chaleur dégagée eût été augmentée de la valeur de sa chaleur de dissolution dans le dissolvant. Ainsi la chaleur de formation de $AlBr^3$ en partant de l'aluminium métallique, du brome dissous dans la solution de KBr et du sel dissous dans notre réactif, est donnée par le calcul suivant : 116336 — 3213,6 + 89071 = 202193 calories[1].

Ce qui donne pour 1 gr. de Al :

202193 : 27 = 7489 calories.

En appliquant les mêmes calculs à la moyenne des deux nombres trouvés par Berthelot (c'est-à-dire

[1] La raison en est la suivante :

En partant de l'état initial Al métallique et brome dissous dans notre solution, pour arriver à l'état final $AlBr_3$ solide, on peut suivre deux voies différentes.

a) On fait agir la dissolution de brome dans notre dissolvant sur Al métallique avec formation du sel solide ; chaleur dégagée — X.

b) On sépare d'abord le brome de la dissolution (dans la solution de KBr), ce qui correspond à l'absorption de *q* cal : (= avec signe contraire à la chaleur de dissolution du brome, donc = à $-q$), et on fait agir ce brome liquide mais non dissous sur l'Al métallique avec formation de $AlBr_3$ solide — dégagement de Q cal : Dans cette seconde manière d'opérer il y a par conséquent un dégagement de chaleur = Q cal : et une absorbtion de *q* cal : donc en tout un effet thermique de $Q - q$ cal : Comme dans les manières d'opérer *a*) et *b*), les états initial et final sont les mêmes, nous avons :

$$X = Q - q$$

Si nous voulons déterminer l'effet thermique correspondant au sel dissous, la quantité de chaleur doit être augmentée de la chaleur de dissoluiion du sel, Q′ et la chaleur dégagée dans ces conditions $y = X + Q' = Q - q + Q'$.

Dans nos expériences :

$Q = 116336$ cal :

$q = 3213,6$ cal :

$Q' = 89071$ cal :

D'où $y = 116336 - 3213,6 + 89071 = 202193$ cal :

120825 cal.), on obtient : 120825 — 3213,6 + 89071 = 206683 cal, et pour 1 gr. de Al :

206683 : 27 = 7655 calories.

Les deux nombres, celui obtenu par nous, et celui tiré des données de Berthelot, ne diffèrent du reste que d'à peu près 2 °/₀ ce qui, vu le grand nombre de déterminations qui ont été nécessaires pour les obtenir est encore admissible.

Dans les calculs de nos expériences, nous emploierons pour la chaleur de transformation de 1 gr. de Al en $AlBr^3$ le nombre que nous avons trouvé (7489 cal.), ainsi que celui tiré des expériences de Berthelot (7655 cal.). Pour la chaleur de formation du $CuBr^2$, nous nous arrêterons au nombre tiré de nos expériences.

La méthode employée pour le calcul des chaleurs de formation des alliages a été exposée dans notre premier mémoire (*Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, 15 janvier 1901). La chaleur de formation de l'alliage est égale à Q — Q' où Q est la chaleur dégagée dans l'action du réactif (brome dissous dans une solution aqueuse de KBr dans les proportions données plus haut) sur les métaux, pris en quantité correspondant à la composition de l'alliage étudié, et Q' la chaleur dégagée dans l'action du même réactif sur l'alliage étudié.

C. *Etude thermique de l'alliage Cu^3Al.*

Cet alliage a été préparé en jetant de petits morceaux d'aluminium dans le cuivre fondu, dont on prend un excès d'à peu près 1 °/₀ pour couvrir les pertes

provenant de l'oxydation du cuivre lors de la préparation de l'alliage. Cet alliage a une couleur jaune or, il est dur, mais pas cassant, homogène, pas cristallisé, et ressemble beaucoup à la substance connue dans le commerce sous le nom de bronze d'aluminium. Son analyse a donné :

a) Cu = 86,7 % }
b) Cu = 87,0 % } Moyenne = 86,85 %

Nombre exigé par la théorie pour l'alliage Cu_3Al; Cu = 87,5 %.

La composition de l'alliage que nous avons étudié est par conséquent voisine de la formule Cu_3Al. L'aluminium par différence = 13,15 % (0,5 % de cette quantité sont, d'après l'analyse de l'aluminium employé, du fer; cette petite quantité est du reste négligeable dans les déterminations du genre de celles qui font le sujet de ce mémoire, et nous pouvons admettre que toute cette quantité est de l'aluminium).

Chaleur dégagée dans la réaction pour 1 gr. d'alliage :

1) 1371,7 cal.
2) 1374,9
3) 1380,0
4) 1376,6
} Moyenne = 1376 = Q'

L'expérience extrême en diffère de 0,35 %. 1 gr. d'alliage contient

0,8685 gr. de Cu
0,1315 gr. de Al

La chaleur dégagée dans l'action du réactif sur 1 gr. de Cu a été trouvée égale à 592,7 cal. et pour 0,8685 :

0,8685 gr. × 592,7 cal. = 514,7 cal.

La chaleur dégagée dans l'action du réactif sur 0,1315 gr. de Al calculée en partant du nombre trouvé par nous (7489 cal.) est égale à :

$$0{,}1385 \text{ gr.} \times 7489 = 984{,}8 \text{ cal}$$
$$Q = 514{,}7 + 984{,}8 = 1490{,}5 \text{ cal.}$$
$$\text{d'où } Q - Q' = 1499{,}5 - 1376 = +\ 123{,}5 \text{ cal.}$$

En introduisant dans le calcul le nombre tiré des expériences de Berthelot (7655 cal.), nous trouvons :

$$Q = 514{,}7 + 1006{,}6 = 1521{,}3 \text{ cal. et}$$
$$Q - Q' = 1521{,}3 - 1376 = 145{,}3 \text{ cal.}$$

Cet alliage est par conséquent formé avec dégagement de chaleur, comme l'indiquent les deux nombres que nous avons obtenus. Dans les deux cas la valeur de la chaleur de formation de cet alliage est de beaucoup supérieure à l'erreur que l'on peut admettre dans ce genre de recherches; d'après nos données elle représente à peu près 8,2 °/₀ de Q et 8,97 °/₀ de Q' et d'après les données tirées des expériences de Berthelot, 9.5 °/₀ de la valeur de Q et 10,5 °/₀ de Q'. On peut par conséquent admettre que cet alliage est formé avec un dégagement appréciable de chaleur.

D. *Etude thermique de l'alliage Cu^2Al.*

Préparé comme l'alliage précédent; il a l'aspect d'un bronze brun, beaucoup plus foncé que l'alliage précédent; il est extrêmement cassant, se laisse pulvériser au mortier, et n'est pas cristallin.

L'analyse a donné Cu = 82,6 °/₀.

Théorie : 82,35 °/₀; Al par différence = 17,4 °/₀.

La densité rapportée à l'eau à 20° —, 6,856; chaleur spécifique entre 100° et 30° a été trouvée =

1) 0,0951
2) 0,0940 } Moyenne = 0,0950
3) 0,0949

Chaleur dégagée dans la réaction pour un gramme de substance

1) 1658,98 cal.
2) 1655,50 } Moyenne = Q′ = 1654,8 cal.
3) 1649,90

dont l'expérience extrême diffère de 0,29 %.

a) Q calculé à l'aide des nombres tirés de nos expériences est fourni par l'équation suivante :

$$Q = 0,826 \times 592,7 + 0,174 \times 7489 = 489,6 + 1303,1 = 1792,7$$
$$Q - Q' = 1792,7 - 1654,8 = +137,9 \text{ cal.}$$

b) Calculé à l'aide de la valeur tirée des expériences de Berthelot Q est égal à :

$$Q = 489,6 + 1332 = 1821,6 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 1821,6 - 1654,8 = +166,8 \text{ cal.}$$

Comme on le voit, cet alliage est formé avec un dégagement de chaleur un peu plus grand que l'alliage précédent. La quantité de chaleur dégagée est également dans ce cas de beaucoup supérieure à la valeur possible des erreurs de ces expériences. D'après le calcul fait en partant des nombres tirés de nos expériences, la chaleur dégagée est égale à 7,6 % de Q et 8,4 % de Q′. La chaleur de formation du même alliage représente 8,1 % de la valeur de Q et de 10,7 % de la valeur de Q′ obtenues à l'aide des nombres tirés des expériences de Berthelot.

Les quantités de chaleur dégagées dans la formation

de deux alliages Cu^2Al et Cu^3Al sont assez rapprochées l'une de l'autre, néanmoins la seconde étant plus grande, nous pouvons admettre que c'est plutôt l'alliage Cu^3Al qui correspond à une substance de composition définie.

E. *Etude de l'alliage Cu^3Al^2.*

Il est préparé comme les précédents et est aussi facile à réduire en poudre que l'alliage Cu^3Al. La détermination de Cu a donné Cu = 78,2 $^0/_0$, théorie 77,78; Al par différence = 21,8 $^0/_0$.

Chaleur dégagée dans la réaction :

1) 2025,2 cal.
2022,9
2027,3

Moyenne = 2025,1 cal. = Q'

L'expérience extrême en diffère de 0,1 $^0/_0$. La valeur de Q a été trouvée : *a*) en introduisant dans le calcul le nombre que nous avons obtenu :

$$Q = 0,782 \times 592,7 + 0,218 \times 7489 = 463,5 + 1632,6 = 2096,1 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 2096,1 - 2025,1 = 71 \text{ cal.}$$

b) en faisant le calcul à l'aide des nombres tirés des expériences de Berthelot, nous trouvons :

$$Q = 0,782 \times 592,7 + 0,218 \times 7655 = 463,5 + 1668,8 = 2132,3 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 2132,3 - 2025,1 = + 107,2 \text{ cal.}$$

Dans les deux cas nous voyons que l'alliage Cu^3Al^2 est formé avec un dégagement de chaleur. Cette quantité de chaleur forme à peu près 3,39 $^0/_0$ de Q et 3,5 $^0/_0$ de Q' en prenant la valeur tirée du calcul *a*) et

à peu près 5,03 °/₀ de Q et 5,29 °/₀ de Q' des valeurs trouvées dans le calcul *b*), valeurs supérieures aux erreurs de ces expériences. Néanmoins la chaleur dégagée dans la formation de cet alliage est notablement moindre que celle qui correspond à la formation des deux alliages déjà étudiés.

F. *Etude de l'alliage CuAl.*

Cet alliage a été préparé comme le précédent.

La détermination du cuivre a donné : Cu = 70 °/₀, nombre identique à celui correspondant à la formule CuAl; Al par différence = 30 °/₀.

Chaleur dégagée dans la réaction :

1) 2641,5 cal.
2) 2653,6
3) 2627,3

Moyenne = 2640,8 = Q'

L'expérience extrême en diffère de 0,5 °/₀.

a) Q calculé en partant du nombre que nous avons trouvé :

$$592,7 \times 0,700 + 7489 \times 0,30 = 414,9 + 2246,7 = 2661,6 \text{ cal.}$$
$$Q - Q = 2661,6 - 2640,8 = +20,8 \text{ cal.}$$

b) En nous servant du nombre tiré des expériences de Berthelot :

$$Q = 414,9 + 2299,5 = 2714$$
$$Q - Q' = 2714,0 - 2640,8 = +73,2 \text{ cal.}$$

Ces valeurs trouvées pour la chaleur de formation de CuAl sont beaucoup plus faibles que celles correspondant aux alliages précédents. Leur valeur représente pour *a)* 0,78 °/₀ de Q et 0,78 °/₀ de Q'. Le calcul pour *b)* donne 2,58 °/₀ de Q et 2,65 °/₀ de Q'.

Il peut y avoir, dans ce cas, incertitude sur la valeur de la chaleur dégagée dans la formation de cet alliage et cela en dehors de celle provenant de l'introduction dans le calcul des deux nombres différents (7489 et 7655). Dans tous les cas elle est trop faible pour que nous puissions admettre que cet alliage représente une combinaison définie.

G. *Etude d'un alliage de composition voisine de Cu^2Al^3.*

Même mode de préparation que pour l'alliage précédent, couleur grise, se laisse facilement réduire en poudre. La détermination de Cu a donné : Cu = 59,4 %: théorie pour la formule Cu^2Al^3 = 60,6 % Al (par différence) = 40,6 %.

Il a été dégagé dans l'action de notre réactif sur cet alliage :

1) 3357,2
2) 3331,0
3) 3342,4

Moyenne = 3343,6 cal. = Q'

L'expérience extrême en diffère de 0,3 %. Valeur de Q :

a) En introduisant dans le calcul le nombre trouvé par nous :

$$Q = 0{,}594 \times 592{,}7 + 0{,}406 \times 7489 = 352 + 3040{,}5 = 3392{,}5 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 3392{,}5 - 3343{,}6 = 48{,}9 \text{ cal.}$$

b) En nous servant du nombre tiré des expériences de Berthelot :

$$Q = 0{,}594 \times 592{,}7 + 0{,}406 \times 7655 = 352 + 3107{,}9 = 3459{,}9 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 3459{,}9 - 3343{,}6 = 116{,}3 \text{ cal.}$$

Ces valeurs trouvées pour Q — Q' forment d'après le calcul *a)* 1,49 °/₀ de Q et 1,52 °/₀ de Q'. D'après le calcul *b)* elles représenteraient à peu près 3,42 °/₀ de Q et 3,54 °/₀ de Q'. Il se peut que la formation de cet alliage soit accompagnée d'un léger dégagement de chaleur, du reste insignifiant par rapport aux valeurs de Q et Q', ce qui ne permet pas d'affirmer qu'il y a dans ce cas formation d'un alliage de composition définie.

H. *Etude de l'alliage $CuAl^2$.*

Préparé comme l'alliage précédent avec lequel il a beaucoup d'analogie comme aspect extérieur. L'analyse a donné Cu = 55,8 °/₀; théorie pour la formule $CuAl^2$ = 55,55 °/₀.

Al par différence = 44,2 °/₀.

Lors de l'action de notre réactif sur cet alliage, il se produisit un très faible dégagement d'hydrogène, du reste absolument insignifiant, à peine deux ou trois bulles de gaz.

La réaction a donné :

1) 3707,5 cal.
2) 3703,9 } Moyenne = 3698 cal. = Q'
3) 3682,6

L'expérience extrême en diffère de 0,43 °/₀.

Valeurs trouvées pour Q.

a) En introduisant dans le calcul les nombres que nous avons trouvés :

$$Q = 0,558 \times 592,7 + 0,442 \times 7489 = 330,7 + 3310,1 = 3640,8$$
$$Q - Q' = 3640,8 - 3698 = -57,2 \text{ cal.}$$

b) En prenant la valeur tirée des expériences de Berthelot :

$$Q = 0,558 \times 592,7 + 0,442 \times 7655 = 3713,7 \text{ cal.}$$
$$Q - Q' = 3713,7 - 3698 = +15,7 \text{ cal.}$$

Ces deux nombres trouvés pour $Q - Q'$ indiquent que dans ce cas il n'y a pas de dégagement de chaleur, que peut-être même il se produit une légère absorption de chaleur. Du reste, on trouve que par rapport aux résultats du calcul *a)*, $Q - Q'$ représente $-1,57$ °/₀ de Q et $-1,55$ °/₀ de Q' et pour le calcul *b)* $+0,42$ °/₀ de Q et un peu plus de $+0,42$ °/₀ de Q'.

Vu ces faibles valeurs trouvées pour $Q - Q'$ il est impossible de donner la valeur de la chaleur de formation de cet alliage ; on ne peut qu'affirmer que si elle existe, elle est extrêmement faible et que nous nous trouvons en présence, non d'une substance définie, mais d'un mélange des deux métaux.

Nous avons dû nous contenter de l'étude thermique de ces six alliages, vu que dans l'action de notre réactif sur l'alliage $CuAl^2$ il s'est produit un très vif dégagement d'hydrogène correspondant à une des réactions secondaires indiquées au commencement de ce mémoire.

En récapitulant les résultats obtenus pour les chaleurs de formation des alliages étudiés, nous avons établi 2 colonnes dont l'une, A représente les valeurs obtenues pour les chaleurs de formation des alliages en introduisant dans le calcul le nombre que nous avons trouvé pour la chaleur de formation de $AlBr^3$ et la

colonne B les nombres obtenus en la remplaçant par celle tirée des recherches de Berthelot.

	A	B
Cu^3Al	123,5	145,3
Cu^2Al	137,9	166,8
Cu^3Al^2	71,0	107,2
$CuAl$	20,8	73,2
Cu^2Al^3	48,9	116,3
$CuAl^2$	— 57,2	15,7

Comme on le voit, les nombres des deux colonnes suivent le même ordre, seulement ceux de la colonne B sont supérieurs à ceux que nous avons obtenus. Les différences entre les deux séries de nombres varient suivant les alliages de 22 à 72 calories à peu près. Nous avons également représenté les résultats de nos expériences par deux courbes, dont la courbe A représente les résultats de nos expériences, et la courbe B ceux obtenus en introduisant dans les calculs les résultats tirés des recherches de Berthelot (voir Pl. III).

D'après les indications des deux colonnes et des courbes, c'est l'alliage Cu^2Al qui paraît être formé avec le plus grand dégagement de chaleur. Les chaleurs de formation des alliages qui suivent vont en diminuant, sauf celui correspondant à la formule Cu^2Al^3 qui paraît formé avec un faible dégagemment de chaleur; il faut observer néanmoins que la quantité de chaleur dégagée dans ce cas ne correspond qu'à 3,5 °/₀ et 5,29 °/₀ des quantités de chaleur dont il représente la différence, et que par conséquent il est difficile d'en garantir l'exactitude, d'autant plus que l'alliage suivant $CuAl^2$ est formé soit avec un très faible dégagement, soit même avec absorption de chaleur. C'est donc l'al-

liage Cu^2Al que nous pouvons regarder comme correspondant probablement à une substance de composition définie et non pas à un mélange.

Etude de l'alliage $CuAl^2$.

Cet alliage a été préparé d'une manière différente de celle indiquée plus haut. Nous avons d'abord fait fondre l'aluminium dans un creuset chauffé au four Perrot et jeté petit à petit dans le métal fondu, le cuivre pris en morceaux massifs de la grosseur d'une petite noisette, on a brassé le métal à l'aide d'une tige en porcelaine. Les deux métaux ont été pris en proportion correspondante à la composition de l'alliage $CuAl^2$ et pesés sur une balance indiquant les centigrammes; il a été pris à peu près $^1/_2$ °/₀ de cuivre en excès pour compenser les pertes par oxydation; si à l'analyse on trouvait que l'alliage contenait trop peu de l'un des deux métaux, on le refondait en y ajoutant la quantité de métal manquant, comme il a été indiqué plus haut. Le métal fondu a été versé sur du sable sec; au refroidissement il s'est trouvé composé de magnifiques cristaux blanc argent. Pour obtenir les plus beaux cristaux, nous avons eu recours au procédé suivant : Aprés avoir versé sur le sable l'alliage fondu, on a suivi attentivement sa solidification, en le mettant en contact avec les bouts de deux pinces métalliques. Au moment où la solidification commence à se produire, nous avons étiré la masse à l'aide de ces pinces, en la séparant en plusieurs morceaux; c'est surtout aux surfaces de séparation des pièces étirées que l'on trouve les plus beaux cristaux. Ces cristaux ont la forme d'aiguilles lon-

gues parfois de 1,5 et même de 2 centimètres, du reste toute la masse n'est composée que de cristaux. Leur épaisseur est trop faible et leurs surfaces finales trop mal formées pour qu'il fût possible d'en déterminer la forme cristalline. Leur couleur est blanc argent, ils ne se ternissent que très lentement; des cristaux préparés il y a plus d'un an ont gardé l'aspect qu'ils avaient primitivement. L'analyse de ces cristaux a donné pour Cu, 43,6 %, nombre correspondant à la formule $CuAl^2$, = 43,75 % Al par différence = 56,4 %.

Malheureusement nous ne sommes pas parvenus à déterminer la chaleur de formation de ce magnifique alliage; dans l'action de notre réactif, il s'est produit, comme nous l'avons déjà dit, une réaction secondaire et pour 1 gr. de substance nous avons trouvé un dégagement d'à peu près 37 cc. d'hydrogène qui correspond à 8 ou 11 % de l'aluminium participant à l'une des deux réactions secondaires que nous avons indiquées au commencement de ce mémoire.

Dernièrement il a paru dans les *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (1901, p. 2733) un mémoire de Brunck : « Ueber einige cristallinische Verbindungen des Aluminiums » dans lequel l'auteur décrit un alliage cristallisé d'aluminium et de cuivre dont la composition correspond à la formule Cu^4Al^9. En effet l'analyse a donné pour cette substance :

$$Cu = 50,98\ \%$$
$$Al = 49,02\ \%$$

La théorie exige Cu = 51,0 % et Al = 48,95 %. Cet alliage a été obtenu en cristaux (longues aiguilles)

en laissant refroidir le contenu du creuset et écouler, après un certain refroidissement la partie restée liquide. Les cristaux se déposent le long des parois du creuset. Cet alliage est très difficilement soluble dans HCl dilué. Il est décomposable dans l'eau régale. Nous avons obtenu les mêmes cristaux par le procédé déjà employé pour l'alliage $CuAl^3$ auquel il ressemble beaucoup extérieurement, malgré la grande différence de composition des deux alliages (pour $CuAl^3$: Cu=43,75 %. pour Cu^4A^9 : Cu = 51,0 %). Malheureusement nous n'avons pas pu en déterminer la chaleur de formation. Lors de l'action de notre réactif il s'est également produit un notable dégagement d'hydrogène.

Nous avons tenu à préciser les différences qu'il pourrait y avoir entre ces deux alliages en déterminant leur densité et leur chaleur spécifique.

La densité de l'alliage $CuAl^3$ a été trouvée = 4,042 comparée à l'eau prise à 20°, D'après Brunck la densité de son alliage = 4,118 (réduit).

La détermination de la chaleur spécifique de $CuAl^3$ a donné (étuve mobile c. sp. prise entre 100 et 20° à peu près) :

1) 0,1592 }
2) 0,1581 } Moyenne = 0,1586

La détermination de la chaleur spécifique de l'alliage Cu^4Al^9 également prise à l'étuve mobile entre 100 et 20° a donné :

1) 0,1504 }
2) 0,1502 } Moyenne = 0,1502
3) 0,1502 }

L'analyse de l'échantillon qui a servi à déterminer

la densité et la chaleur spécifique de l'alliage $CuAl^2$ a donné : Cu = 43,8 %; théorie = 43,75 %. Il est par conséquent très pur.

L'analyse de l'échantillon qui a servi à déterminer la densité et la chaleur spécifique de l'alliage Cu^4Al^9 a donné : Cu = 51,3 %; la théorie exige 51 %.

Nous voyons que malgré la grande ressemblance extérieure des deux alliages ils diffèrent par leurs propriétés physiques. La différence entre les chaleurs spécifiques est surtout considérable, ce qui était à prévoir, vu que l'alliage Cu^4Al^9 contient plus de cuivre et moins d'aluminium que $CuAl^2$ et que la chaleur spécifique de l'aluminium est plus de deux fois supérieure à celle du cuivre. Nous croyons par conséquent pouvoir admettre, sans l'affirmer d'une manière positive, que les deux alliages sont différents et que le cuivre et l'aluminium forment deux alliages cristallisés dont la composition correspond à Cu^4Al^9 et $CuAl^2$. Pour pouvoir être affirmatif à ce sujet, il eût fallu avoir déterminé la chaleur de formation de ces deux alliages, ou du moins leur température de fusion. N'ayant fait ni l'un ni l'autre, nous devons nous contenter, comme fait positif, de reconnaître l'existence de deux alliages de cuivre et d'aluminium, cristallisés l'un et l'autre, très ressemblants comme aspect extérieur et correspondant aux formules $CuAl_2$ et Cu_4Al_9.

SUR LES

INDICES DE RÉFRACTION

DES

MÉLANGES LIQUIDES

PAR

Edm. VAN AUBEL

A. Leduc a présenté récemment à l'Académie des Sciences de Paris un mémoire sur la conservation de l'énergie réfractive dans les mélanges d'alcool et d'eau (*Comptes rendus*, séance du 17 mars 1902, p. 645). D'après ce physicien, l'énergie réfractive des constituants se conserve dans le mélange, alors même qu'il se produit une contraction du volume et un dégagement de chaleur importants, en sorte que l'indice de réfraction N d'un mélange peut être exprimé par la relation

$$(N - 1)U = m(n - 1)u + (1 - m)(n' - 1)u'. \qquad (1)$$

Dans cette équation, m représente la masse d'alcool pour $(1 - m)$ d'eau; u, u' et U désignent les volumes spécifiques de l'alcool, de l'eau et du mélange à la même température; enfin n, n' et N sont leurs indices de réfraction à cette même température. Pour le mélange d'eau et d'alcool qui présente un maximum de l'indice de réfraction, A. Leduc a constaté que la relation précédente se vérifie; il admet que les erreurs des expériences peuvent affecter de deux unités la quatrième décimale de l'indice de réfraction calculé.

Des formules différentes de la relation (1) ont été

proposées par plusieurs physiciens, notamment C. Pulfrich, L. Buchkremer, F. Schütt, etc.

Il paraît donc utile de s'assurer si l'énergie réfractive se conserve dans les mélanges autres que celui dont A. Leduc s'est occupé.

J'ai examiné, à cette fin, les mélanges suivants :

1° D'acétone et d'eau, en utilisant les résultats de Paul Drude (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, vol. 23, 1897, page 313).

2° D'aniline et d'alcool éthylique, dont les densités et les indices de réfraction ont été déterminés par W. Johst (Landolt et Börnstein, *Physikalisch-chemische Tabellen*, 2e édition, 1895, p. 442).

On sait que les mélanges d'eau et d'acétone se forment avec contraction du volume et donnent lieu à un maximum d'indice de réfraction (Edm. van Aubel, *Journal de Physique*, 3e série, tome 4, 1895, et P. Drude, *loco citato*).

Dans les tableaux suivants, nous avons transcrit dans la première colonne la composition centésimale, en poids; la deuxième colonne renferme l'indice de réfraction du mélange, calculé d'après la formule (1) et pour la raie D, tandis que la dernière colonne contient les indices observés pour cette même raie et à la même température.

Mélanges d'acétone et d'eau.

En acétone pour cent	N_D calculés	N_D mesurés
25	1,3516	1,3513
50	1,3635	1,3637
66,9	1,3672	1,3671
80,2	1,3667	1,3668
89,9	1,36467	1,3648
94,9	1,36334	1,3629

L'écart entre les valeurs mesurées et calculées est souvent très faible, mais atteint quatre unités de la quatrième décimale, avec le mélange contenant 94,9 pour cent d'acétone.

Mélanges d'aniline et d'alcool éthylique.

En aniline pour cent	N_D calculés	N_D mesurés
29,463	1,42094	1,42178
38,641	1,44068	1,44095
55,875	1,47934	1,47886
71,719	1,51681	1,51596
79,242	1,53526	1,53443

L'indice calculé diffère de l'indice mesuré de plus de huit unités de la quatrième décimale pour les mélanges renfermant 71,719 et 79,242 pour cent d'aniline.

D'autre part, F. Schütt (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, vol. 9, 1892, p. 352) a mesuré les pouvoirs réfringents spécifiques $\frac{n-1}{d}$ de l'alcool propylique et de ses mélanges avec le bromure d'éthylène. Appliquant la formule (1) aux divers mélanges, il a calculé les valeurs correspondantes de la même constante physique pour le bromure d'éthylène. Les valeurs ainsi obtenues diffèrent considérablement entre elles et s'écartent beaucoup du résultat, qui est fourni par la mesure directe de la réfraction spécifique du bromure d'éthylène.

Enfin, V. S. M. van der Willigen (*Archives du Musée Teyler*, volume 2, page 204, 1869) a déterminé les indices de réfraction et les densités à 23°,0 de l'eau et des mélanges d'eau et d'alcool éthylique. A l'aide de

ses résultats et de la relation (1), calculons la valeur de $\frac{n-1}{d}$. pour l'alcool éthylique, nous trouvons successivement : $\frac{n-1}{d} =$

0,45733	pour le mélange	à 38,8 %	d'alcool éthylique.
0,45676	»	à 53,9	»
0,45719	»	à 86,8	»
0,45744	»	à 98,9	»

Ces nombres sont loin d'être concordants entre eux.

A l'aide de deux valeurs obtenues pour $\frac{n-1}{d}$, savoir 0,45733 et 0,45676, calculons l'indice de réfraction de l'alcool éthylique en adoptant le nombre 0,78690 pour la densité de ce liquide à 23° (Landolt et Börntein, *Tabellen*, 2e édition, page 223). Les deux résultats de l'indice de réfraction, que l'on trouve ainsi, diffèrent de 4,5 unités de la quatrième décimale.

Il ne paraît pas nécessaire d'examiner encore d'autres mélanges, pour établir que l'énergie réfractive $\frac{n-1}{d}$ ne se conserve pas, en général, dans les mélanges liquides.

SUR LE

MODE DE FORMATION DES RAYONS CATHODIQUES

ET DES

RAYONS DE RŒNTGEN[1]

PAR

Thomas TOMMASINA

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 7 août 1902.

L'étude de la production unipolaire des rayons X avait permis à M. Jules Semenov[2] de constater que *« l'anticathode n'émet de rayons que si elle porte une charge électrique et que, reliée au sol, elle n'engendre presque pas de rayons.* » Etant donnée l'importance théorique de ce fait, j'ai voulu essayer si, par quelques modifications expérimentales, il me serait possible de l'établir nettement.

Le tube focus bianodique dont je me suis servi est très puissant et donne avec le dispositif ordinaire la vision nette du squelette à plusieurs mètres de distance si on se place dans le champ de dispersion du miroir

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris*, séance du 11 août 1902.

[2] Sur la nature des rayons X. *C. R.*, t. CXXXIII, p. 217, 1901.

plan anticathodique, mais on l'entrevoit encore faiblement de tous les points de la salle, même derrière l'anticathode. C'est un tube sphérique à trois appendices, deux opposés axialement contenant, l'un le miroir plan anodique et l'autre le miroir concave cathodique, le troisième qui est à côté de l'anode est muni d'une longue tige qui a permis de placer le miroir plan anticathodique au centre du tube, sur la ligne axiale des deux électrodes, en regard de la cathode, avec une inclinaison de 45 degrés. Par ce dispositif, la fluorescence du tube est nettement délimitée par le plan du miroir anticathodique qui le divise en deux parties égales, l'une faiblement éclairée et l'autre très fortement.

Dans le but d'éviter tout effet de self-induction et pour arrêter, comme d'habitude, l'extracourant de fermeture, j'ai mis en communication le pôle positif de la bobine d'induction avec de l'eau distillée. A 1,5 cm. au-dessus de l'eau était placée l'extrémité d'un fil métallique relié à la cathode du tube focus. Le pôle négatif de la bobine étant isolé, l'anode et l'anticathode du tube étaient reliées entre elles et avec le sol par les conduites du gaz et de l'eau. Le fil partant du pôle positif de la bobine était rapproché du pôle négatif de façon à permettre une décharge entre eux lorsque la résistance du tube était trop grande, constituant en outre un court circuit par effluve à aigrettes, lequel annulait l'action entre le secondaire de la bobine et le sol.

A peine l'intensité du courant était-elle suffisante pour produire des décharges disruptives entre l'eau et le fil suspendu, que le tube commençait à manifester

une légère fluorescence distribuée un peu partout à sa surface, mais irrégulièrement. En augmentant le courant, on arrivait à l'intensité voulue pour que l'action du miroir anticathodique pût devenir prépondérante, alors la moitié opposée du tube acquérait une plus grande luminosité, et l'on pouvait observer la modification produite sur le faisceau cathodique par l'action du déplacement d'un champ magnétique. Les rayons X étaient suffisamment intenses pour permettre de distinguer nettement des objets métalliques dans une enveloppe en cuir placée derrière l'écran fluorescent.

Ce résultat démontrant à l'évidence l'obtention des deux types de rayons avec l'anticathode reliée au sol et par flux anodique, il était naturel d'éliminer les deux électrodes qui ne semblaient point nécessaires à la production du phénomène.

N'ayant pas à ma disposition un bon tube unipolaire, j'ai pu obtenir un résultat également démonstratif au moyen d'un tube bipolaire commun de forme conique. Dans ce genre de tubes, comme l'on sait, la cathode est placée au sommet du cône, tandis que l'anode très petite et sans miroir est dans une appendice latéral du tube, de façon qu'elle ne gêne aucunement le passage des radiations cathodiques qui vont produire la tache de fluorescence sur la base du cône. J'ai pensé que l'anode isolée, à cause de sa surface métallique très petite, ne pouvait donner lieu qu'a une action minime, laquelle ne saurait empêcher la constatation un phénomène. En effet, avec le même dispositif que précédemment, la cathode étant reliée au pôle positif de la bobine par l'intermédiaire de la décharge sur l'eau, l'anode du tube et le pôle négatif de la bobine étant

isolés, la fluorescence se produisit sur tout le tube allant en progressant d'intensité vers la base du cône sur laquelle se formait la tache de maximum de luminosité. J'ai pu alors constater comme précédemment les effets produits par les rayons cathodiques et par les rayons de Röntgen.

Le résultat obtenu par ce dernier dispositif montre que la transformation du flux électrique anodique peut avoir lieu par des réflexions multiples contre les parois intérieures du tube, comme on l'avait constaté par le dispositif bipolaire usuel. Ainsi l'on peut établir les conclusions suivantes :

1. *La réflexion diffuse du flux anodique seul est suffisante pour donner naissance aux rayons cathodiques et aux rayons de Röntgen.*

2. *Le phénomène a lieu même avec l'anticathode reliée au sol.*

3. *La réflexion multiple par les parois d'un tube à vide, au degré voulu de raréfaction, suffit pour produire la transformation partielle du flux anodique en rayons cathodiques et en rayons de Röntgen.*

Ces conclusions sont en parfait accord avec la déduction qu'on peut tirer du fait connu, de l'existence de la tache d'oxydation dans la partie centrale du miroir concave des tubes focus usagés. En effet la position de cette tache démontre d'une manière irréfutable que l'agent qui produit les rayons cathodiques ne peut pas être émis par la cathode, et qu'il doit lui arriver d'une source qui se trouve dans le tube même, donc de l'anode. Ainsi cet agent doit être dans le flux anodique.

Que la réflexion joue un grand rôle, sinon le rôle capital, dans la transformation du flux électrique en

radiations, était déjà démontré par le fait que les rayons cathodiques et les rayons X sont beaucoup plus intenses lorsqu'ils sont formé dans un tube focus muni d'anti-cathode que lorsqu'ils émanent directement de la cathode d'un tube simple.

D'après les conclusions précédentes, l'on peut envisager le mode de formation de ces rayons de la manière suivante :

Le flux électrique qui part de l'anode pour se propager dans l'air raréfié du tube, suit les lignes de force, formant lui-même ses propres conducteurs, qui consistent en alignements polarisés de matière radiante, comme cela a lieu dans la production du fantôme électrique par les poudres conductrices dans les liquides diélectriques, où l'on observe des projections ou jets de particules.

Ce flux étant oscillant, donne lieu à une rapide destruction périodiques des contacts, laquelle produit des vibrations qui deviennent visibles sous forme de luminescence. Dans le champ, ces alignements vont embrasser de tous les côtés le miroir cathodique, mais leur faisceau plus dense frappe la face concave en regard, laquelle se réchauffe davantage où les points d'arrivée sont plus nombreux. Cet échauffement augmente la raréfaction à proximité de la surface cathodique et donne lieu à l'espace obscur de Hittorf, ce qui explique l'accroissement de cet espace de nature interférentielle lorsque l'action est plus intense.

Ce serait dans ces conditions et ensuite de la modification mécanique de l'absorption partielle et de la réflexion diffuse que la transformation semblerait avoir lieu.

Ceci admis, l'on peut appliquer à cette catégorie de phénomènes les lois sur la propagation du flux de déplacement ou de polarisation dans un milieu diélectrique, ainsi les équations de Maxwell. Comme les déplacements infiniment petits d'un corps parfaitement élastique suivent les mêmes lois, l'on passe par l'intermédiaire du flux de déplacement uniforme aux vibrations, et l'on peut établir une liaison mécanique entre le flux électrique et les radiations.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 2 juillet 1902.

Dr R. Reiss. Destruction de l'image latente. — Dr P. Mercanton. La mesure de la fréquence. — Th. Bieler. Considérations sur les terrasses du Léman. — E. Chuard et F. Porchet. Action des sels de cuivre sur les végétaux. — S. Bieler. Anciens fers de chevaux. Machoire à 4 canines.

M. le Dr R. Reiss. *L'influence de sels de métaux sur l'image latente de la plaque photographique.* L'auteur a démontré dans un travail antérieur, que l'image latente de la plaque photographique est détruite par une solution de bichlorure de mercure. La plaque peut ensuite resservir pour une seconde exposition avec une sensibilité considérablement amoindrie. Il semblait intéressant d'étudier l'action des solutions d'autres sels de métaux sur l'image latente et l'auteur a trouvé les résultats suivants :

1° Une solution de sulfate de cuivre détruit l'image latente de la plaque photographique après dix minutes d'action. La plaque peut resservir pour une seconde exposition, mais l'image de la seconde exposition est toujours plus ou moins voilée. La plaqne a beaucoup perdu de sensibilité, toutefois pas autant qu'avec le traitement au bichlorure de mercure.

2° Une solution de nitrate d'urane à 1 % affaiblit très sensiblement, après dix minutes d'action, l'image latente. La destruction de l'image latente est complète après

30-40 minutes d'action. Une plaque ainsi traitée peut servir pour une seconde pose avec une forte diminution de sensibilité. L'image de la seconde exposition vient assez vigoureuse au développement, sans pourtant atteindre la vigueur des clichés traités au sublimé.

3° Une solution de sulfate de fer à 10 % n'a pas une influence appréciable sur l'image latente de la plaque photographique.

M. Paul-L. MERCANTON, ingénieur, décrit un procédé employé par lui (1900) à la détermination graphique de la *fréquence des variations périodiques d'un courant.*

Un électro-aimant parcouru par le courant agit sur une rondelle de fer doux fixée à la membrane d'un appareil inscripteur du son de Schneebeli.

Sous l'influence des variations d'intensité du courant, le style léger appuyé sur la membrane subit des déplacements latéraux périodiques dont un cylindre recouvert de noir de fumée reçoit la trace. Ce cylindre est mu à la main et un électro-diapason enregistre simultanément cent vibrations doubles par seconde. L'inscription faite, on n'a plus qu'à la fixer à l'alcool, détacher la bande de papier noircie, et comparer les tracés.

Cette méthode convient tout particulièrement à l'étude des interrupteurs lents jusqu'à cent interruptions à la seconde.

Elle convient aussi à la mesure des fréquences industrielles des courants alternatifs. En ce cas le style décrit une sinuosité par chaque alternance.

Au delà de cent périodes par seconde, l'inertie de l'appareil de Schneebeli devient trop grande et les vibrations propres du style interfèrent avec celles dues au courant lui-même.

L'auteur fait circuler de nombreux diagrammes relatifs à divers interrupteurs et à des courants alternatifs.

M. Théodore BIÉLER. *Le Léman et le lac de Neuchâtel* ont-ils été soudés autrefois, aux temps post-glaciaires, de manière à former un bassin unique ?

C'est l'hypothèse de Morlot, basée sur l'examen des nombreuses terrasses d'alluvion à structure de delta occupant divers niveaux autour du Léman. Celui-ci, plus haut de 80 m., aurait au S.-W., atteint le Fort-de-l'Ecluse, tandis qu'au N. il communiquait avec le lac de Neuchâtel agrandi par le seuil d'Entreroches.

Alphonse Favre, puis Brückner mirent en doute cette hypothèse, ce dernier pour des considérations hydrographiques. Ce bassin unique ne pouvait posséder qu'un émissaire, vraisemblablement au N. L'écoulement par le N. aurait toujours dû excéder l'écoulement au SW et actuellement les deux lacs devraient appartenir au même bassin hydrographique, ce qui est contraire à la réalité.

Cette séduisante spéculation, plutôt spécieuse, faute de données absolument certaines sur le creusement de la cluse du Vuaches dans tous ses détails et les mouvements du sol qui ont pu se produire au temps post-glaciaire n'exclut pas la possibilité d'une réunion *temporaire* des deux lacs. Il fallait pour cela des preuves de fait péremptoires.

Or, M. Biéler les a trouvées près de Lausanne. A Montriond-le-Crêt et à Chamblandes, deux gravières ouvertes dans des terrasses de 45 m. et 43 m. ont montré une structure exactement inverse de celle des terrasses franchement lémaniques, soit une inclinaison des strates de gravier S.-N. (ou lac-terre) au lieu de l'inclinaison habituelle N.-S (ou terre-lac). Ce fait témoigne d'un alluvionnement émanant du glacier lui-même qui occupait encore à ce niveau le bassin du Haut-Lac. Donc les plus hautes terrasses franchement lémaniques n'excèdent pas 30 m. et le Léman, en tant que nappe continue, n'a guère pu dépasser ce niveau. Sa réunion, même temporaire, avec le lac de Neuchâtel est donc définitivement classée comme impossible.

Les terrasses supérieures à 30 m. ont été déposées dans des lacs de barrage latéraux au glacier, soit par des alluvions glaciaires (Montriond, Chamblandes) soit par des alluvions terriennes (Veveyse, Thonon) soit même par les deux actions combinées.

Les terrasses supérieures de Thonon accusent franchement cette genèse : 1° par l'inclusion de gros blocs erratiques, 2° par des inégalités de surface, 3° par la configuration de la région au S. jusqu'au pied de la montagne. C'est un complexe de crêts de gravier à stratification anticlinale séparés par des combes assez profondes ou reliées par des terrasses. Leurs caractères ressemblent à ceux des *Kames* de l'Ecosse décrits par J. Geikie et l'ensemble représente assez bien une série de gradins descendant jusqu'aux terrasses de Thonon, donnant l'impression d'un alluvionnement graduel par la Drance au bord du glacier en retraite. Toute cette partie de la carte géologique XVI révisée, marquée en moraines et en terrasses lacustres, serait à refaire. M. Biéler se propose de revenir prochainement avec plus de détails sur ces crêts qu'on trouve aussi au pied du Jura méridional, surtout au débouché des vallées et de montrer en quoi ils diffèrent des kames classiques.

MM. E. Chuard et F. Porchet, poursuivant leurs recherches sur *l'action des sels de cuivre sur les végétaux*, montrent qu'en introduisant de petites quantités de sels cupriques dans des rameaux de groseillers on produit une accélération des phénomènes de maturation des fruits identique à celle obtenue par l'application de bouillie bordelaise sur les feuilles. Si on augmente la quantité de cuivre introduite dans l'organisme végétal on constate l'apparition de l'action toxique de ce métal. Les auteurs résument les résultats de leurs nouvelles recherches dans les conclusions suivantes :

1° Le fait de la maturation plus hâtive des fruits des arbustes sulfatés doit être attribué à une activité plus grande de l'ensemble des cellules de l'organisme et non à une excitation s'exerçant uniquement sur la fonction chlorophyllienne.

2° Cette excitation est un degré d'intoxication.

M. Bieler, prof., présente deux échantillons de fers de

chevaux antiques (appartenant au Musée agricole), dont on a trouvé un certain nombre dans les marais de Niédens dernièrement assainis. Ces fers sont de petites dimension, ils correspondent à une race de chevaux de petite taille.

Les clous sont de deux modèles, d'âges assez différents. Les uns ont la tête carrée et les autres plus anciens, probablement très anciens, ont la tête allongée, comme une clé de violon. Mais il est difficile d'attribuer un âge même approximatif à ces deux formes, et il est utile d'enregistrer ces objets pour avoir un jour ou l'autre un repère chronologique.

M. le prof. F.-A. Forel a déposé au Musée d'antiquités un fer trouvé sur le champ de bataille de Fraubrunnen, où les Anglais d'Enguerrand de Coucy, les *Gugler*, avaient été battus par les bergers en 1375. Ce fer de M. Forel est bien plus grand que ceux de Niédens et on peut supposer qu'il aurait appartenu à un cheval anglais. Les clous ont été carrés et les étampures ne sont pas dans une rainure longitudinale comme dans les autres fers.

Le même membre présente encore une mâchoire inférieure de porc qui offre la particularité très rare de deux crocs ou canines de chaque côté.

M. Bieler n'a pas trouvé la mention d'une telle anomalie chez le porc ni dans l'ouvrage de *Cornevin* sur la dentition des animaux domestiques, ni dans le livre de *Bateson* (*Matérial for the Study of variation*, 1894). Il est intéressant aussi d'enregistrer cet exemplaire qui appartient au Musée agricole.

Séance du 22 octobre.

Dr E. Bugnon. Tube digestif de *Xylocopa*. — Dr L. Pelet. Limites de combustibilité. — S. Bieler. Ornithorynque. — F. Cornu. Polypore. — F.-A. Forel. Sable du Sahara.

M. le prof. Dr E. Bugnon expose le résultat de ses recherches sur l'intestin du *Xylocopa*, de l'abeille et du

frelon et fait circuler plusieurs planches coloriées relatives à l'histologie de ces insectes. Un résumé de ce travail paraitra dans le compte-rendu de la Société helvétique des Sciences naturelles (Section de zoologie).

MM. Pelet et Jomini présentent les conclusions de leurs études sur les limites de combustibilité et la combustion dans les mélanges gazeux.

Un résumé de ce travail a paru dans le compte rendu de la Société helvétique (Section de chimie).

M. S. Bieler, professeur, montre un exemplaire d'*ornithorynque* reçu dernièrement de la Nouvelle-Galles du Sud pour le musée de l'Ecole d'agriculture. Cet exemplaire mesure 45 centimètres. Les grands vont jusqu'à 50 c.

M. F. Cornu présente un exemplaire de *polypore* ayant complètement enrobé une touffe d'herbe.

M. F.-A. Forel montre à la Société un échantillon de poussière impalpable recueillie le 2 août 1902, à Monthey (Valais), par M. A. Contat, ingénieur-chimiste. C'est un sable éolien qui présente tous les caractères du sable du Sahara, tel qu'il tombe fréquemment, apporté par les vents, en Sicile et en Italie, tel qu'il est tombé en particulier le 10 mars 1901 et jours suivants en Sicile, Italie, Tyrol et Danemark. Des rapports verbaux et écrits (mais non accompagnés d'échantillons) ont signalé, le 2 août et les jours suivants, la chute de sable impalpable, couleur brique-jaunâtre-orangée, à Aigle (M. Piguet-Pellone), à Morges (Mlle Muret), sur les neiges du col de Géant (Dr F. Reverdin), sur les neiges du col de l'Alphabet (M. P. Laufer).

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 20 novembre 1902.

Ed. Béraneck. Traitement de la tuberculose. — J. Briquet. Sur le genre Pachypleurum.

M. Béraneck dépose sous pli cacheté *sa méthode de traitement de la tuberculose.* Après plusieurs années de recherches, M. Béraneck a préparé une tuberculine qui s'emploie comme toutes ses congénères en injections hypodermiques. Dans un avenir qu'il espère rapproché, M. Béraneck fera connaitre sa méthode, ainsi que les travaux et expériences de laboratoire sur lesquels elle se base. Pour le moment, il ne veut que prendre date et parlera exclusivement de l'application de sa tuberculine à la tuberculose humaine. Les premiers essais sur l'homme datent de janvier 1900 et ont été faits tout d'abord dans le canton de Neuchâtel, puis à Leysin. M. Béraneck les passera sous silence, car à cette époque, il n'était pas encore arrivé à la formule définitive de sa tuberculine. Cette formule une fois établie, le traitement a été appliqué principalement : à Davos-Dorf, au Sanatorium international que dirige M. le Dr Humbert, et dans le canton de Neuchâtel, à l'Hospice de Perreux.

Depuis le mois de mars 1901 jusqu'à maintenant, 62 malades ont été traités par cette tuberculine tant dans les établissements sus-mentionnés que dans la clientèle particulière. Ce laps de temps, soit 20 mois environ, est insuf-

fisant pour établir une statistique ayant une valeur scientifique tout à fait probante. Cependant, il nous fournit des données précieuses touchant le mode d'emploi de la tuberculine et l'action qu'elle exerce aussi bien sur l'état général que sur l'état local des malades. Il ressort des expériences faites que cette tuberculine est inoffensive à condition d'acclimater graduellement le malade à son effet et qu'elle ne détermine ni généralisation, ni aggravation de la tuberculose, même lorsqu'elle se montre impuissante à enrayer la marche de la maladie. On parvient facilement à faire supporter pendant des mois des injections quotidiennes de fortes concentrations de tuberculine, et cela sans aucun inconvénient.

Au début du traitement, les injections produisent rarement une réaction locale, mais déterminent souvent une réaction générale. Celle-ci se traduit par une ascension thermique d'amplitude variable qui s'accompagne de lassitude, de petits frissons, d'inappétence et parfois de vomissements. Ces phénomènes connexes de l'ascension thermique s'amendent au bout de quinze jours à trois semaines et ne nécessitent nullement la suspension du traitement. Il suffit pour les enrayer de diminuer pendant quelques jours les doses injectées et d'acclimater très graduellement le malade au médicament. Quant à l'ascension thermique, elle est plus tenace et finit elle aussi par disparaître. M. Béraneck fait circuler les courbes de température de quelques malades, courbes qui illustrent avec netteté l'acclimatement des tuberculeux à l'effet de la tuberculine.

La tuberculine de Koch produit une double action : 1° une action congestive sur le processus tuberculeux local, très manifeste chez les lupiques ; 2° une action générale dépendant de la susceptibilité plus ou moins grande des centres nerveux à l'égard des toxines injectées. Avec la tuberculine de M. Béraneck, l'action congestive ou locale est réduite au minimum. C'est à cette particularité que cette tuberculine doit son innocuité. Son emploi ne favorise pas l'apparition d'hémoptysies et les expecto-

rations ne deviennent jamais sanguinolentes sous l'influence des injections. Pour se convaincre que la tuberculine de M. Béraneck ne détermine pas d'action congestive, il suffit de traiter des cas de lupus. On constatera alors qu'il peut se produire une ascension thermique allant jusqu'à près de 40° sans que le lupus ne manifeste aucune réaction inflammatoire. L'ascension thermique est ici essentiellement d'origine nerveuse.

La méthode de traitement par la tuberculine de M. Béraneck est applicable aussi bien aux cas fébriles qu'aux cas afébriles. Chez les malades fébriles, la température s'atténue et finit par tomber après un traitement de plus ou moins longue durée, si la tuberculose est favorablement influencée par les injections. Ces dernières ont aussi comme effet d'activer les sécrétions broncho-pulmonaires. Pendant un certain temps, les expectorations augmentent en quantité, puis diminuent à mesure que les lésions locales s'atténuent. Il en est de même de la toux.

Des 62 cas traités par la tuberculine de M. Béraneck, 4 seulement n'avaient pas de bacilles de Koch dans leurs expectorations. Chez les 58 bacillifères, l'analyse bactériologique des sputa a été faite régulièrement. Les analyses montrent une diminution progressive des bacilles de Koch aboutissant à leur complète disparition. Le terrain individuel joue ici un grand rôle. Chez quelques malades la disparition des bacilles s'obtient après quelques semaines de traitement et peut même précéder le relèvement de l'état général. Chez d'autres malades, cette disparition ne se produit qu'après un ou deux ans de traitement, malgré le relèvement considérable de l'état général et l'atténuation notable des signes locaux. A ce point de vue les 58 bacillifères se répartissent comme suit : chez 14 d'entre eux, soit le 24 %, les bacilles de Koch ont complètement disparu; chez 22 d'entre eux encore en traitement, soit le 38 %, la diminution des bacilles est notable; enfin chez les 22 autres, soit le 38 %, dont plusieurs encore en traitement, le nombre des bacilles est resté stationnaire. Sous l'action de la tuberculine les signes locaux diminuent

d'intensité et finissent par disparaître, tandis que l'état général se remonte. Ces trois facteurs : *a)* diminution des bacilles, *b)* atténuation des signes locaux, *c)* remonte de l'état général, doivent marcher de pair pour qu'on soit en droit d'affirmer l'action curative d'une médication antituberculeuse. Or, cette triple action s'est manifestée dans le 62 °/₀ des cas traités, ce qui est très encourageant, d'autant plus que le total des cas comprenait 12 tuberculeux au premier degré, 36 au deuxième et 14 au troisième degré. En terminant, M. Béraneck insiste sur la nécessité de continuer le traitement pendant un an et même deux ans pour en obtenir le maximum d'effet curatif.

M. J. Briquet présente à la Société le résultat de ses recherches sur la *carpologie des Ligusticum et en particulier le groupe des Pachypleurum.* Le fruit des Ombellifères est décrit d'une façon incomplète et en partie contradictoire par les divers auteurs qui s'en sont occupés, et leur place dans la classification est fort controversée.

M. Briquet montre que plusieurs erreurs dans les descriptions proviennent de ce que l'on a négligé de spécifier le niveau du fruit auquel les coupes étaient faites. Ses analyses ne laissent aucun doute sur l'affinité très étroite des vrais *Ligusticum* et des *Pachypleurum.* Ces derniers rentrent dans le genre *Ligusticum* à titre de sous-genre, caractérisé par la ténuité des bandelettes. Tous les *Ligusticum* présentent des méricarpes plus ou moins comprimés par le dos dans leur région équatoriale.

Un mémoire complet de l'auteur paraîtra prochainement ailleurs sur cette question épineuse de la systématique des Ombellifères.

Séance du 4 décembre.

A. Bach. Le tétroxyde d'hydrogène. Action des oxydants sur les peroxydes. — Arnold Pictet. Influence des changements de nourriture sur les chenilles,

M. A. Bach présente quelques observations au sujet de

la note publiée dernièrement par MM. Bæyer et Villiger[1] sur l'acide « ozonique ». Il rappelle ses recherches personnelles sur le tétroxyde d'hydrogène[2] et fait ressortir que l'acide ozonique O_4H_2 de MM. Bæyer et Villiger n'est autre chose que le tétroxyde d'hydrogène H_2O_4 dont il a indiqué il y a cinq ans les propriétés fondamentales.

M. Bach communique en outre la suite d'un travail relatif à l'action des oxydants et en particulier du permanganate de potasse sur les peroxydes. Dans l'action du permanganate de potasse en solution aqueuse et acidulée sur le peroxyde d'hydrogène, chaque atome d'oxygène disponible du permanganate s'unit à l'oxygène actif d'une molécule de peroxyde pour fournir une molécule d'oxygène libre. Le rapport *Oxygène permanganique : Oxygène peroxyde* est donc égal à 1 : 1. En titrant par le permanganate de potasse en solution sulfurique le produit de l'action de l'acide sulfurique concentré sur le persulfate de potasse, M. Bach a constaté que la quantité d'oxygène dégagée était d'un tiers supérieure à celle que la quantité de permanganate employée aurait pu dégager avec une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène contenant la même proportion d'oxygène actif. Le même produit titré au moyen d'acide chromique en solution sulfurique a donné les mêmes résultats numériques que le peroxyde d'hydrogène. De ces expériences, l'auteur tire la conclusion que le rapport *Oxygène permanganique : Oxygène peroxyde* varie suivant que la réaction a lieu en solution aqueuse ou en solution sulfurique. Dans le premier cas, il est de 1 : 1, dans le second, de 3 : 5.

M. Arnold Pictet parle de l'*Influence des changements de nourriture sur les chenilles et sur la formation du sexe de leurs papillons.*

Après avoir expliqué brièvement en quoi consiste la variabilité des papillons provenant de chenilles élevées

[1] *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. 35, p. 3038 [1902].

[2] *Comptes Rendus*, 1897, p. 951; *Archives*, 1900, juillet.

avec d'autres nourritures que celles qu'elles consomment en liberté, et montré les papillons issus de ces élevages, et qui ont donné lieu à la communication qu'il a faite à la dernière session de la Société helvétique des Sciences naturelles, M. Pictet expose ses expériences sur la variabilité des chenilles elles-mêmes, provenant des changements de nourriture.

C'est surtout *Bombyx Quercus* qui a fourni les variétés les plus remarquables. La chenille typique de cette espèce, dont la nourriture normale consiste en feuilles de Rosacées, est d'un beau noir velouté, avec les anneaux recouverts transversalement sur le dos de faisceaux de poils roux. Elevée avec de la *Laurelle (Laurier cerise)*, elle devient, vers la *cinquième* mue, brune, et a, sur chaque anneau, un gros losange formé de petits poils blancs, perpendiculaires au corps, très courts et très serrés. M. Pictet montre des chenilles vivantes normales, dont quelques-unes ont été élevées depuis six semaines avec cette nourriture et qui présentent déjà cette particularité. Il en montre d'autres provenant d'une seconde génération de cette alimentation et qui ont cet aspect aberrant beaucoup plus accentué. Avec de l'*Esparcette* (*Onobrychis sativa*), elles deviennent plus claires, plus *jaunes*, et l'auteur fait remarquer la tendance qu'elles ont alors à ressembler aux chenilles de Bombyx Trifolii dont la nourriture normale consiste en plantes des prés et en esparcette. Avec du lierre elles deviennent très foncées. Des chenilles de Bombyx Quercus qu'il a reçues de Leipzig et qui ont été trouvées sur le *saule* présentent aussi une curieuse aberration que M. Pictet décrit et dont il fait circuler quelques exemplaires. Il montre encore la variété larvaire du Midi de la France. Des aquarelles de toutes ces aberrations à leurs différents âges sont aussi exhibées.

M. Pictet parle ensuite de l'*influence de la nourriture des chenilles sur la formation du sexe de leurs papillons*, et cite quelques expériences qu'il a faites et qui tendraient à confirmer, en certaine mesure, l'hypothèse qui a été émise, à savoir que des chenilles bien nourries auraient une ten-

dance à donner un nombre prépondérant de papillons femelles et que des chenilles mal nourries donneraient un plus grand nombre de mâles. L'auteur montre que cette hypothèse expliquerait en une certaine mesure la disparition momentanée et locale de certaines espèces, fait qu'il a eu plusieurs fois l'occasion de constater. Quiconque connaît les mœurs des chenilles peut se rendre compte de la difficulté qu'elles ont parfois, dans la nature, à trouver leur alimentation et qu'elles ont souvent, pour cela, un long chemin à faire, pendant lequel elles ne mangent pas suffisamment; cela leur occasionne une fatigue et des privations qui influencent énormément leur développement.

Dans beaucoup d'espèces, et surtout chez les Bombyciens, les chenilles qui doivent donner des femelles ont un aspect différent de celles qui doivent donner des mâles; cette différence est très marquée chez *Ocneria Dispar* (nourriture normale : chêne), elle facilite beaucoup les recherches de ce genre, et ne provient que de la suralimentation des femelles. En élevant ces chenilles avec de l'*esparcette*, de la *pimprenelle*, de la *dent de lion* (nourritures qu'il faut considérer comme riches en matières nutritives) M. Pictet a remarqué qu'au moment de la chrysalidation, la totalité des sujets (250 environ) avait l'aspect des chenilles *femelles*. Par contre, avec du *noyer* (nourriture pauvre en matières nutritives) la totalité des individus avait pris, au moment de la chrysalidation, l'aspect des chenilles *mâles*; mais, lorsque les papillons éclorent, pour les deux cas, chaque sexe était représenté d'une façon normale.

Les chenilles femelles vivent beaucoup plus longtemps que les mâles, et consomment par conséquent une plus grande dose d'aliments. Chaque sexe fait en général son cocon à la sixième mue. M. Pictet a remarqué que, lorsque les chenilles mâles ont atteint leur sixième mue et qu'elles font leur cocon, les chenilles femelles n'en sont qu'à leur *cinquième* mue; à ce moment elles ne présentent aucune différence avec les autres, sont de la même gros-

seur, ont le même aspect; en un mot on ne peut les distinguer et toute la transformation qui amène cette différence entre les représentants des deux sexes se fait dans ce laps de temps supplémentaire pendant lequel la chenille femelle vit et ne fait absolument que manger. Il paraîtrait donc admissible qu'il se fasse chez la femelle, pendant ce temps, un travail supplémentaire, qui ne peut se faire chez le mâle, puisque celui-ci est en chrysalide.

La durée de la vie de la chenille n'est pas absolument déterminée. M. Pictet a remarqué souvent, soit qu'elles soient malades, soit qu'elles aient une alimentation insuffisante, soit qu'elles aient été piquées par un ichneumon, que les chenilles peuvent effectuer leur changement en chrysalide avant la dernière mue, supprimant ainsi plusieurs journées de nourriture, pendant lesquelles elles auraient pu subir un développement différent. Ainsi, une des chenilles de *Bombyx Quercus* faisant partie de ses élevages avec de la laurelle, étant devenue malade, construisit son cocon pendant *l'avant-dernière mue.* Elle était donc assez avancée pour qu'il pût reconnaître que c'était une femelle. Elle mourut en chrysalide six semaines après. Mais, ayant détaché les fourreaux de cette chrysalide, M. Pictet vit que ce qu'elle contenait était un papillon mâle.

Séance du 18 décembre

L. Duparc et Mrazec. Gisement de fer de Troïtsk.

M. le prof. Duparc communique ce qui suit : En collaboration avec M. le prof. Mrazec, il a étudié le gisement de fer de Troitsk sur la Koswa. Ce gisement de contact consiste en magnétite développée dans des cornéennes micacées par le contact d'un granit qui présente toutes les formes de passage du granit proprement dit au granit-porphyre. Ces cornéennes ont été considérées comme dévoniennes : MM. Duparc et Mrazec ont démontré qu'il n'en est rien et qu'elles sont plus anciennes : le porphyre et

les cornéennes existent en effet en galet dans certains conglomerats du Dévonien inférieur. Le gisement consiste soit dans une zone minéralisée de contact immédiat et périphérique autour de l'affleurement granitique, soit en enclave restant d'une ancienne clef de voûte, minéralisée par une venue de granit, disloquée et tombée en partie dans le magma encore fluide (Mine d'Osamka). M. Duparc donne de nombreux détails sur des structure de la mine d'Osamka, et sur les faits cu rieux du contact du porphyre avec les cornéennes.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Prof. A. Wolfer. Publicationen der Sternwarte des eidg. Polytechnikums zu Zürich. Band III. Beobachtungen der Sonnenoberfläche in den Jahren 1893-95.— Zurich, 1902, in-4, avec 15 planches.

Nous avons déjà renseigné les lecteurs des *Archives*[1] sur cette importante publication, dans laquelle M. le professeur Wolfer étudie la distribution en longitude des divers phénomènes par lesquels se manifeste l'activité de la photosphère solaire. Dans les deux premiers volumes, l'auteur étudiait cette activité du 23 janvier 1887 au 26 janvier 1893 durant 81 rotations synodiques du soleil. Le volume III est consacré aux 39 rotations suivantes, allant jusqu'au 19 décembre 1895.

Ce qui fait l'intérêt particulier de cette nouvelle période de trois années, c'est qu'elle embrasse l'époque du maximum d'activité du soleil, laquelle tombe au commencement de l'année 1894. Les planches qui accompagnent le volume sont donc beaucoup plus chargées que celles des deux précédents, soit pour la représentation des taches, soit surtout pour celle des facules et des protubérances. Au reste le mode de figuration graphique de l'apparence de la surface solaire pendant les 39 rotations étudiées est resté le même qu'auparavant.

Les faits principaux que M. Wolfer fait ressortir dans ce volume peuvent se résumer brièvement comme suit : Les facules sont la manifestation la plus étendue et la plus

[1] *Archives*, 1898, V, p. 76 et 1900, IX, p. 87.

apparente de l'activité solaire. Elles se présentent souvent en groupes qui peuvent être observés durant plusieurs rotations du soleil. Tantôt elles accompagnent les groupes de taches, tantôt elles apparaissent seules et toujours en grande abondance. La loi de décroissance de la vitesse angulaire de rotation du soleil, en allant de l'équateur vers les pôles, se déduit de l'observation des facules comme de celle des taches.

Quant aux protubérances, cette période de maximum d'activité de la photosphère permet de constater à nouveau que les protubérances métalliques sont en liaison intime avec les taches. Elles s'observent en grande majorité dans le voisinage de celles-ci. Les protubérances hydrogénées, de beaucoup les plus nombreuses, semblent par contre être des phénomènes indépendants des deux autres. Elles accompagnent parfois les facules et les taches, mais elles s'observent aussi partout en dehors du voisinage de ces phénomènes, et leur présence se constate sur tout le pourtour du disque, tandis que les taches et les facules ne se trouvent que dans les deux zones avoisinant l'équateur.

En ce qui concerne la répartition de tous ces phénomènes en longitude, elle est figurée pour les taches et les facules dans les deux dernières planches. Le groupement des taches surtout sur deux méridiens à peu près opposés se manifeste assez clairement pour ces trois années. Quant aux facules, leur nombre a été si considérable sur toute la photosphère durant cette période de maximum d'intensité, qu'il est assez difficile de les grouper. Une accumulation semble se manifester cependant aussi sur les mêmes méridiens où les taches se présentaient de préférence.

R. G.

PHYSIQUE

Edm. VAN AUBEL. SUR LA MAGNÉTOSTRICTION DANS LE BISMUTH.

M. A. P. Wills vient de publier un intéressant mémoire sur la magnétostriction dans le bismuth (Physical Review,

juillet 1902). Par des expériences minutieuses, en faisant usage de champs magnétiques intenses allant jusqu'à 3200 unités C. G. S., ce physicien s'est proposé de vérifier si le bismuth subit un allongement lorsqu'il est soumis à l'action du magnétisme.

Un tel allongement avait été constaté par Shelford Bidwell, en 1888, et considéré comme très perceptible, déjà avec un champ magnétique de 470 unités C. G. S.

Il me paraît utile de rappeler quelques travaux, qui ont été publiés antérieurement sur le même sujet et qui ont échappé au physicien américain; de leur ensemble, on peut déduire la même conclusion que des recherches de M. A. P. Wills.

Tyndall[1] est probablement le premier qui ait examiné la question, mais il n'a observé aucune variation de longueur du bismuth.

Plus tard, G. P. Grimaldi[2] s'est proposé de rechercher si la grande influence exercée par le magnétisme sur la résistance électrique et le pouvoir thermo-électrique du bismuth pouvait être expliquée par des déformations que ce métal subirait dans le champ magnétique. Il n'a pu constater, avec un appareil très sensible, aucune variation de longueur dans des barreaux de bismuth ayant 30 à 40 centimètres.

En 1892[3], j'ai examiné aussi l'influence de l'aimantation sur la longueur d'un barreau de bismuth, en employant la méthode des franges d'interférence de Fizeau et utilisant une tige de bismuth ayant 31 centimètres de longueur. Celle-ci avait été réalisée avec le métal absolument pur,

[1] Tyndall. On some mechanical Effects of Magnetisation. publié dans ses *Researches on Diamagnetism and Magne-Crystallic Action*, London 1870.

[2] *Il Nuovo Cimento*, 3me série, tome 23, p. 211, 1888. *Journal de physique* 2me série, tome 8, p. 552, 1889.

[3] *Journal de physique*, 3me série, tome 1, p. 424, 1892. Gustave Wiedemann, *Die Lehre von der Elektricität*, 2me édition, tome 3, p. 1023, 1895.

qui a servi à Classen pour la détermination du poids atomique et aussi dans mes recherches sur la résistance électrique. Néanmoins aucun allongement n'a pu être décelé.

Dans le numéro du 22 juin 1899 de *Nature*, London, page 191, se trouve le compte-rendu de la séance du 16 mai 1899 de la Société royale d'Edimbourg. Nous y lisons :

« Le D[r] C. G. Knott a communiqué une courte note sur les tensions magnétiques dans le bismuth. Il a obtenu une légère indication d'un changement de forme du bismuth fortement aimanté, mais le phénomène était si faible qu'il était plus prudent, provisoirement, de réserver son opinion. »

Quelques jours après, Shelford Bidwell fit remarquer dans la même revue[1] qu'il avait observé en 1888 (Philosophical Transactions), avec une barre de bismuth, un allongement de 1,5 dix millionème de la longueur pour un champ magnétique de 840 unités C. G. S. Il avait depuis lors répété la même expérience avec un autre échantillon de bismuth, fourni par MM. Johnson et Matthey ; mais, bien que le champ magnétique fut porté maintenant jusqu'à environ 1500 unités, il ne put observer la moindre indication d'un changement de longueur[2]. Cependant un allongement dix fois plus faible que celui observé antérieurement aurait pu être remarqué. Aussi Shelford Bidwell ajoute :

« Après cette expérience j'hésiterais à attacher de l'importance à des observations semblables, à moins que l'analyse n'eût prouvé auparavant que le bismuth employé était exempt de toute trace de métaux magnétiques. »

Cet article intéressant est suivi de quelques lignes de M. C. G. Knott, qui reconnait la nécessité d'opérer sur un métal pur, mais déclare ne pas s'être préoccupé spécialement de ce point dans ses expériences. Dans une lettre

[1] *Nature*. London, 6 juillet 1899, p. 222.

[2] « There was never the smallest indication of any magnetic change of length. »

qu'il me fit ultérieurement l'honneur de m'adresser, le même physicien m'écrivit qu'il considérait le bismuth sur lequel il avait opéré comme certainement impur, quoique ce métal lui eût été fourni comme aussi pur que possible. L'effet observé était d'ailleurs très faible et douteux.

Le 17 août 1899[1]. la revue *Nature* publiait une petite note que je lui avais adressée sur le même sujet, dans laquelle je faisais remarquer que j'avais réalisé des expériences analogues, avec un bismuth dont la pureté n'était point douteuse et par une méthode des plus sensible.

Cette bibliographie montre que toutes les expériences faites jusqu'ici concordent, pour établir qu'un barreau de bismuth pur ne change pas de longueur dans le champ magnétique.

Les expériences de M. A. P. Wills, entreprises vraisemblablement aussi avec un métal pur et dans des champs puissants allant jusqu'à 3200 unités C. G. S., viennent confirmer encore les résultats antérieurs.

Dr Aloïs Lanner. Naturlehre. Wien 1902, 1 vol. 378 pages.

L'auteur qui est professeur à l'école réale supérieure d'Innsbruck s'est efforcé de composer un manuel conforme au programme autrichien de 1900 pour les classes supérieures du gymnase. L'ouvrage traite surtout de physique avec quelques notions élémentaires de chimie, d'astronomie et de physique terrestre ; de nombreuses figures simples, mais claires l'accompagnent. Le cadre spécial dans lequel l'auteur avait à se mouvoir lui imposait des obligations qu'il a cherché à remplir de son mieux et croyons-nous avec succès en mettant au point pour l'instruction secondaire les notions et les méthodes d'exposition des plus modernes. Les critiques que l'on pourrait faire s'appliqueraient plutôt au programme imposé à M. Lanner et dont il n'est pas responsable, qu'à la façon dont il a traité son

[1] *Nature*, London, 17 août 1899, p. 374.

sujet. Il y a beaucoup de choses, peut-être trop dans le programme et il nous paraît bien difficile qu'avec le temps forcément limité qui peut être consacré à cet enseignement dans une école secondaire il soit possible aux élèves de digérer le tout. Avec nos idées et nos programmes ce volume serait plutôt destiné à être un aide mémoire pour un cours supérieur que mis entre les mains d'élèves d'écoles réales.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

L. Asher et H. Jackson. Sur la formation de l'acide lactique dans le sang (*Z. Biolog.*, 41 [N. F. 23], 393-436, Berne).

F. Fichter et H. Schiess. Sur les éthers benzylacétonedicarboniques (*Ber. Dtsch. chem. Ges.*, 34, 1996-2001, 6/7 [14/6], Bâle).

Pechmann et Dünschmann (*Lieb. Ann.*, 261, 185), ont décrit, sous le nom d'éther α-α' dibenzylacétonedicarbonique $C_{23}H_{26}O_5$, un produit cristallisant en aiguilles, F = 92°. En traitant l'éther acétonedicarbonique sodique par le chlorure de benzyle, les auteurs du présent mémoire ont été conduits à des résultats partiellement différents de ceux enregistrés par les chimistes précédents. Ils ont obtenu l'éther diéthylique de l'acide tribenzylacétonedicarbonique $(C_6H_5CH_2)_2-C(COOC_2H_5)-CO-CH(CH_2-C_6H_5)COOC_2H_5$. La saponification de cette combinaison a toutours fourni trois produits :

1° L'acide dibenzylacétique $(C_6H_5CH_2)_2CH-COOH$, se présentant sous la forme de tables, F = 87°.

3° L'éther dibenzylacétique $C_{18}H_{20}O_2$ cristallisant en prismes volumineux ou en aiguilles fusibles à 88-89°.

3° L'acide benzylmalonique $C_6H_5CH_2-CH(COOH)_2$, F = 120°.

R. LORENZ. L'ÉLECTROLYSE DES SELS FONDUS (*Z. f. Elektroch.*, 7, 753-61, 4/7, Zurich).

HANS RUPE et MAX RONUS. SUR L'ACIDE CINÉOLIQUE (*Ber. Dtsch. chem. Ges.*, 34, 2191-2206, 20/7 [19/6], Bâle).

L'acide cinénique obtenu en chauffant sous pression l'acide cinéolique avec de l'eau, se transforme, sous l'influence de l'acide bromhydrique, en acide bromo-2-méthoéthylol-5-hexanique :

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\diagup CH_2 \text{———} CH_2 \diagdown \\ CH_3\text{—}C \lt C\text{—}O\text{—}C(CH_3)_2\text{—} \gt CH \\ \quad\quad\quad\quad\diagdown COOH \quad HOOC \diagup \end{array}$$

Acide cinéolique

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\diagup CH_2 \text{——} CH_2 \diagdown \\ CH_3\text{—}C \lt O\text{—}C(CH_3)_2\text{—} \gt CH \\ \quad\quad\quad\quad\diagdown H \quad HOOC \diagup \end{array}$$

Acide cinénique

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\quad\diagup CH_2 \text{———} CH_2 \diagdown \\ CH_3\text{—}CH \lt (HO)(CH_3)_2\text{—}C\text{—} \gt CH \\ \quad\quad\quad\quad\quad\diagdown Br \quad\quad HOOC \diagup \end{array}$$

Acide bromométhoéthylolhexanique

Par l'action de l'eau et des alcalis aqueux, ce dernier est converti en un dioxyacide, l'acide cinogénique

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad\quad\quad\diagup CH_2 \text{———} CH_2 \diagdown \\ CH_3\text{—}CH \lt (HO)(CH_3)_2\text{—}C\text{—} \gt CH \\ \quad\quad\quad\quad\quad\diagdown OH \quad\quad HOOC \diagup \end{array}$$

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1902

Octobre.

513. Abderhalden (Emil). Weitere Beiträge zur Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes. Basel. — *Zeitschr. Biol.* **43**. 443.

514. Ador (E.). Œuvres complètes de J.-C. Galissard de Marignac. Genève 1902.

515. Bach (A.). Hydrotetroxyd und Ozonsäure. Genf. Privatlab. — *Berichte* **35**. 3424.

516. Bogdan (Stephan J.). Application des méthodes physico-chimiques à l'analyse des liquides physiologiques. *Thèse*. Genève. (Prof. Guye.)

517. Eckstein (O.). Ueber die Sulfurirung von 1.8-Dinitronaphtalin. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **35**. 3403

518. Goldberger (Hugo). Die Wirkung von anorganischen Substanzen auf Protisten. Ein Beitrag zur Biochemie des Protoplasmas. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Biol.* **43**. 503.

519. Goldschmidt (Carl). Ueber einige Reactionen des Formaldehyds. Genf. *Chem.-Zeitung* **26**. 967.

520. Guye (Ph.-A.) et Perrot (F.-Louis). Sur la formation des gouttes liquides et les lois de Tate. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *Comptes rendus* **135**. 621.

521. Lorenz (R.). Die Elektricitätswerke der Schweiz. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **8**. 843.

522. Lorenz (R.). Ueber die Elektrolyse von geschmolzenem Aetznatron. Zürich. Elektrochem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. Elektroch.* **8**. 873.

456 *bis*. Lunge (G.) und Pollitt (G. P). Zur Darstellung von

Schwefelsäureanhydrid durch die Contactwirkung. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. angew. Ch.* **15**. 1105.

523. Plzak (Franz). Experimentelle Notizen über die anodischen Zersetzungspunkte wässeriger Natronlauge. Zürich. Elektrochem. Inst. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **32**. 385.

524. Reverdin (Frédéric) et Crépieux (Pierre). Sur l'acétamido-p-benzoyl-β-naphtol et le benzoylamido-p-benzoyl-β-naphtol. Genève. — *Archives des sc. phys. et nat.* **14**. 429.

524 *bis*. Reverdin (Frédéric) et Crépieux (Pierre). Ueber die β-Napholester der p-Acetamido- und p-Benzoylamido-Benzoësäure. Genf. — *Berichte* **35**. 3417.

525. Rüst (C.). Beitrag zur Titerstellung des Kaliumpermanganates mit oxalsauren Salzen. Genf. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anal. Ch.* **41**. 606.

526. Schaffer (F.). Ueber den Borsäuregehalt des Weines. Bern. Lab. des Kantons Chemikers. — *Schweiz. Wochenschr.* **40**. 478.

Novembre.

527. Abderhalden (Emil). Das Blut im Hochgebirge. Basel. — *Pflüger's Arch.* **92**. 615.

528. Bach (A.). Ueber das Verhalten der Chromsäure gegen das Caro'sche Reagens. Genf. Privatlab. — *Berichte* **35**. 3940.

529. Bamberger (Eug.). Ueber die Einwirkung von Salzsäure auf m-Tolylhydroxylamin. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 3697.

530. Bamberger (Eug.) Ueber Imidochinole. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 3886.

531. Bamberger (Eug.). Ueber das Verhalten des Anthranils, Phenylhydroxylamins und o-Hydroxylaminobenzaldoxims gegen Hydroxylamin und Luft. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 3893.

532. Bamberger (Eug.) und Seligman (Rich.). Zur Oxydation der Oxime. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 3884

533. Bamberger (Eug.) und Werra (Jos. de). Controlversuche über Chlormetatoluidine und Chlormetaminobenzoësäuren. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 3711.

534. Brunner (Heinrich). Einwirkung von Wasserstoff auf Isosalicylsäure in alkalischer Lösung. Lausanne. Univ. — *Chem.-Zeitung* **26**. 1123.

535. BÜHRER (C.). Recherche du sucre dans l'urine au moyen de la polarisation et de la fermentation. Clarens. — *J. suisse de Chimie* **40**. 571.

536. CHODAT (R.) und BACH (A.). Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle. Oxydationsfermente als peroxyderzeugende Körper. Genf. Pflanzenchem. Lab. des bot. Inst. — *Berichte* **35**. 3943.

537. DARIER (Georges) et MANASSEWITCH (E.). Condensation des dérivés nitrés du chlorure de benzyle avec les naphtylamines. Genève. Ecole de Chimie. — *Bull. de la Soc. ch.* **27**. 1055.

538. DEKKER (J.). Zur quantitativen Bestimmung der Xanthinbasen im Kakao. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **40**. 527. 541. 554.

539 DEKKER (J.). Untersuchung der Blätter von Theobroma Kakao und Sterculia Cola auf darin enthaltene Xanthinbasen. Bern. Pharm. Inst. der Univ.—*Schweiz. Wochenschr.* **40**. 569.

540. FRIEDMANN (Hermann). Recherches sur l'acide trimellique. *Thèse*. Genève. (Prof. Græbe).

541. KAESS (L.) und GRUSZKIEWICZ (J.). Einwirkung von Chlorcyan auf Methylamin. Freiburg. Chem. Lab. II der Univ. — *Berichte* **35**. 3598.

542. KAESS (L.) und GRUSZKIEWICZ (J.). Ueber die Verbindungen der Mesoxalsäure (Dioxymalonsäure) und Glyoxylsäure mit Guanidin. Freiburg. Chem. Lab. II der Univ. — *Berichte* **35**. 3600.

361 *bis*. KREIS (Hans) und HAFNER (August). Ueber Fettsäureglyceride mit doppeltem Schmelzpunkt. Basel. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **5**. 1122.

543. PELET (Louis). Premières leçons de chimie. 2ᵉ éd. Lausanne.

544. SCHULZE (E.) und CASTORO (N.). Beiträge zur Kenntniss der Hemicellulosen. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **37**. 40.

411 *bis*. TSCHIRCH (A.) und HEUBERGER (K.). Untersuchungen über den chinesischen Rhabarber. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **240**. 596.

545. TSCHIRCH (A.) und KORITSCHONER (Fr.). Ueber das Harz von Pinus palustris. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **240**. 568.

546. TSCHIRCH (A.) und KORITSCHONER (Fr.). Ueber das russische weisse Pech. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **240**. 584.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1902

Le 1er, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
2, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin; arc-en-ciel à 8 h.; quelques averses dans la journée; fort vent jusqu'à 10 h. du matin.
3. pluie dans la nuit, à 1 h. et à 4 h. du soir; légère gelée blanche le matin; nouvelle neige sur le Salève.
4. neige à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; forte bise depuis 4 h. du soir.
5. forte bise à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard élevé.
6. forte bise à 7 h. du matin; brouillard élevé.
7, brouillard élevé.
8. neige dans la nuit; hauteur : 0cm,5; brouillard élevé.
9, brouillard élevé.
10, brouillard élevé.
11. brouillard élevé jusqu'à 7 h. du soir; brouillard enveloppant ensuite.
12. givre le matin; brouillard enveloppant jusqu'à 4 h. du soir; halo et couronne lunaire.
13, brouillard enveloppant pendant tout le jour.
14, brouillard enveloppant jusqu'à 10 h. du matin; verglas le matin.
15. brouillard élevé le matin; brouillard enveloppant de 10 h. du matin à 1 h. du soir; pluie dans l'après-midi.
16. forte gelée blanche le matin; verglas; brouillard enveloppant à 10 h. du matin.
17. pluie dans la nuit.
18. pluie dans la nuit, à 1 h., à 4 h. et à 9 h. du soir; arc-en-ciel à 11 h.; fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
19. pluie dans la nuit et à 4 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; elle descend à 700 m. sur le Jura.
20. pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir.
21. pluie dans la nuit et à 7 h. matin.
22, forte bise pendant la journée.
23. brouillard élevé le soir.
24. gelée blanche le matin; brouillard élevé le soir.
25, brouillard élevé jusqu'à 1 h. du soir; brouillard enveloppant ensuite.
26, pluie à 4 h du soir.
28, brouillard élevé le soir.
29. légère gelée blanche le matin : fort vent à 4 h. du soir.
30. pluie dans la nuit jusqu'à 1 h. du soir; pluie et neige à midi.
31. très forte gelée blanche le matin; légère chute de grésil dans la nuit.

Hauteur totale de la neige : 0cm.5, tombée en un jour.

REMARQUE. Depuis le 1er décembre 1902, les observations de la pression atmosphérique se font à un nouveau baromètre de M. Fuess portant le n° 1492/57 ; c'est un baromètre à cuvette, à échelle réduite en laiton.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1902

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Pluie Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	21.3	21.9	21.2	21.23	− 5.51	19.2	22.2	SSW. 1	S. 0	W. 0	var.	2.9	10	10	3	8	....	2.3	2
2	22.4	23.9	25.3	23.29	− 3.49	20.2	25.4	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	12.9	3	10	10	8	2.1	5.8	5
3	23.4	22.7	23.8	23.49	− 3.33	22.6	24.8	SE. 1	NE. 1	S. 1	var.	2.9	5	10	9	8	0.9	0.8	1
4	24.9	25.3	26.4	25.33	− 1.53	24.0	26.5	SSW. 1	ENE. 1	NNE. 3	NNE. 2	**18.7**	10	10	10	10	....	....	....
5	26.3	26.1	27.4	26.58	− 0.32	26.1	27.4	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 2	16.7	10	10	10	10	....	....	....
6	27.1	26.9	28.1	27.34	+ 0.40	26.9	28.1	NNW. 2	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	11.7	10	10	10	10	....	....	....
7	27.2	26.4	25.8	26.73	− 0.25	25.8	27.6	NE. 1	ENE. 1	NE. 1	NNE. 1	8.3	10	10	10	10	....	0.6	1
8	24.8	24.6	23.9	24.71	− 2.31	23.8	25.6	NE. 0	NE. 1	ENE. 1	NE. 1	6.9	10	10	10	10	....	....	....
9	23.5	23.1	24.5	23.74	− 3.32	22.8	25.3	E. 1	E. 1	NE. 1	ENE. 1	7.3	10	10	10	10	....	....	....
10	27.1	28.4	30.1	28.12	+ 1.02	25.5	30.5	NE 1	NNE. 1	NE. 1	ENE. 1	10.9	10	10	10	10	....	....	....
11	30.3	29.7	30.7	30.18	+ 3.04	29.4	30.8	SE. 1	E. 1	S 0	ESE. 1	6.9	10	10	10	10	....	....	....
12	31.2	31.4	32.6	31.54	+ 4.36	30.7	32.7	SE. 0	E. 1	S. 0	var.	2.5	10	10	10	10	....	....	....
13	33.9	34.5	36.7	34.75	+ 7.53	33.0	37.6	SW. 0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	3.1	10	10	10	10	....	....	....
14	37.9	37.3	36.5	37.42	+10.16	36.6	38.7	S. 0	S. 0	SE. 0	var.	2.3	10	10	10	10	....	....	....
15	34.9	33.7	36.2	35.03	+ 7.73	33.6	36.5	SE. 1	S. 0	WSW. 1	var.	3.7	10	10	10	10	....	2.5	2
16	37.1	36.4	37.4	36.98	+ 9.64	36.3	37.6	S 0	SW. 0	S. 0	var.	2.9	0	10	10	8	....	3.7	3
17	37.0	36.6	37.3	37.03	+ 9.66	36.5	37.7	S. 0	S. 0	SE. 1	var.	2.1	10	10	10	10	....	0.3	1
18	34.7	33.0	33.9	34.23	+ 6.82	31.3	36.4	SW. 1	SW. 2	W. 1	SSW. 2	10.4	10	10	10	9	....	4.9	5
19	33.5	33.3	35.8	34.12	+ 6.67	33.3	36.7	SSW. 1	S. 1	WSW. 1	var.	6.3	10	9	10	10	0.2	4.6	4
20	35.6	34.0	32.0	34.33	+ 6.85	32.0	36.5	S. 0	S. 0	N. 0	var.	2.7	10	10	10	10	....	1.9	4
21	32.5	32.5	32.4	32.41	+ 4.89	32.0	33.3	SW. 0	S. 0	S. 0	var.	2.5	10	10	10	10	....	....	....
22	33.0	34.4	36.6	34.37	+ 6.81	32.6	36.8	NE. 1	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 2	16.5	4	1	9	5	**5.2**	....	....
23	38.6	37.8	38.3	38.21	+10.62	37.5	38.4	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE 1	8.4	10	9	10	10	....	....	....
24	39.4	39.2	39.6	**39.41**	**+11.79**	39.0	**40.2**	SW. 0	N. 1	SW. 0	calme	1.7	1	7	10	5	0.7	....	....
25	38.3	38.3	37.5	38.21	+10.56	37.3	39.2	S. 0	S. 0	S. 0	calme	1.5	10	10	10	10	....	....	....
26	37.0	35.6	36.8	36.53	+ 8.85	35.5	37.2	SSE. 1	SSW. 1	N. 0	var.	4.2	10	10	7	9	....	0.4	1
27	37.2	35.7	35.2	36.09	+ 8.38	34.0	37.4	W. 1	SW. 1	W. 1	var.	2.1	8	3	3	4	3.0	....	....
28	31.6	29.0	26.4	29.67	+ 1.94	25.2	33.5	S. 0	SSW. 1	E. 1	var.	5.2	10	10	10	9	4.0	....	....
29	20.5	16.3	12.9	17.91	− 9.85	11.8	24.9	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	11.5	9	7	10	8	4.2	**6.2**	**6**
30	10.8	10.5	10.0	**10.47**	**−17.81**	**9.8**	11.5	SSW. 1	SW. 0	SW. 0	var.	6.3	10	10	10	10	....	3.0	4
31	12.5	14.5	18.6	14.55	−13.25	10.8	19.9	S. 0	SW. 1	S. 0	var.	3.3	1	2	9	4	1.0	....	....
Mois	29.85	29.45	30.00	29.81	+1.85							6.62	8.4	9.0	9.4	8.9	21.3	37.0	30

Jour du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Écart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°									°	mm.
1	+ 6.3	+ 8.6	+ 3.1	+ 6.11	+ 3.86	+ 2.6	+ 9.2	84	79	88	88	+ 3	79	97	8.3	+ 0.3	1645
2	8.4	9.3	5.8	6.49	+ 4.37	2.8	10.9	68	57	78	76	- 9	57	97	8.5	+ 0.6	1624
3	1.5	6.4	+ 4.1	4.27	+ 2.27	+ 1.2	7.1	95	70	92	87	+ 2	70	95	8.1	+ 0.4	1613
4	+ 2.1	+ 0.4	- 5.0	+ 0.30	- 1.58	- 5.4	+ 4.3	76	70	85	77	- 8	68	87	7.7	+ 0.1	1665
5	- 6.0	- 4.9	- 4.7	- **5.26**	- **7.02**	- **7.1**	- 3.9	95	90	79	87	+ 2	73	95	6.3	- 1.2	1645
6	- 4.9	- 4.0	- 4.8	- 4.54	- 6.19	- 5.3	- 3.7	85	73	81	81	- 4	73	86	5.5	- 1.9	1640
7	- 4.8	- 3.8	- 3.4	- 4.04	- 5.58	- 5.1	- 2.9	90	87	87	87	+ 2	73	94	....	.....	1665
8	- 4.0	- 2.2	- 2.0	- 3.04	- 4.47	- 4.7	- 1.3	95	80	80	87	+ 1	79	95	4.9	- 2.3	1615
9	- 3.0	- 2.6	- 3.0	- 2.68	- 4.00	- 3.5	- 1.0	92	92	92	90	+ 4	87	94	5.4	- 1.8	1595
10	- 4.0	- 3.4	- 3.6	- 3.72	- 4.94	- 4.7	- 3.0	91	94	91	90	+ 4	87	94	4.9	- 2.2	1585
11	- 4.0	- 3.4	- 4.0	- 3.81	- 4.93	- 4.5	- 2.7	92	87	100	91	+ 5	87	96	5.3	- 1.7	1610
12	- 3.6	- 2.2	- 1.5	- 2.63	- 3.65	- 4.2	- 1.0	100	86	92	95	+ 9	86	100	5.1	- 1.8	1600
13	- 1.8	- 1.0	- 1.1	- 1.36	- 2.29	- 1.9	- 0.1	96	98	100	**98**	**+13**	96	100	5.4	- 1.4	1590
14	- 1.2	+ 0.9	- 1.0	- 0.61	- 1.45	- 1.9	+ 1.2	100	83	96	96	+10	83	100	....	.....	1635
15	- 3.0	- 1.4	+ 2.3	- 0.79	- 1.54	- 4.0	4.0	97	92	89	93	+ 7	87	100	5.3	- 1.3	1595
16	- 0.4	+ 3.9	2.0	+ 1.57	+ 0.90	- 1.3	4.7	100	86	93	91	+ 5	85	100	5.7	- 0.8	1590
17	+ 2.1	6.8	7.8	5.11	+ 4.52	+ 1.7	9.0	95	85	87	90	+ 4	85	97	5.9	- 0.6	1605
18	9.2	9.4	7.3	**8.36**	+ **7.85**	6.5	11.2	81	79	66	80	- 6	65	92	6.5	+ 0.1	1623
19	5.2	4.4	3.0	4.48	+ 4.04	2.5	7.0	63	81	86	74	-12	52	89	6.4	+ 0.1	1585
20	1.1	4.2	4.3	3.01	+ 2.64	0.8	5.0	95	83	77	87	+ 1	75	95	6.0	- 0.2	1580
21	3.2	6.0	3.8	4.16	+ 3.86	3.0	6.8	97	91	97	91	+ 5	84	97	....	.....	1645
22	4.6	6.0	2.8	4.81	+ 4.57	+ 2.2	6.7	81	68	73	77	- 9	62	92	6.0	- 0.1	1650
23	+ 1.2	1.6	+ 0.7	+ 1.24	+ 1.06	- 0.3	2.0	79	73	82	77	- 9	72	80	5.8	- 0.2	1625
24	- 3.3	1.0	- 0.6	- 0.87	- 0.99	- 3.8	2.0	92	80	91	85	- 1	80	92	5.6	- 0.4	1630
25	- 0.2	0.3	- 1.8	- 0.68	- 0.75	- 3.2	1.0	92	92	100	94	+ 8	90	100	....	.....	1665
26	- 0.9	6.4	+ 3.9	+ 1.91	+ 1.89	- 3.7	7.2	92	68	88	84	- 2	62	100	5.7	- 0.1	1605
27	+ 2.4	11.0	3.0	4.41	+ 4.44	+ 1.0	**11.5**	89	62	83	80	- 6	62	90	5.8	0.0	1633
28	2.0	6.8	3.3	3.61	+ 3.68	0.5	8.2	92	61	85	79	+ 7	61	95	....	.....	1565
29	2.1	9.6	5.3	4.82	+ 4.93	+ 0.5	9.8	79	40	63	**65**	**-22**	**40**	85	5.7	0.0	1580
30	+ 2.8	1.2	+ 0.4	2.59	+ 2.74	0.0	6.0	89	95	98	87	+ 1	68	97	5.8	+ 0.2	1625
31	- 0.8	+ 5.0	- 0.4	+ 0.55	+ 0.73	- 2.0	+ 5.5	96	53	87	85	- 2	53	96	....	.....	1565
Mois	+ 0.27	+ 2.59	+ 0.84	+ 1.09	+ 0.29	- 1.33	+ 3.89	89	79	87	85	- 1			6.06	- 0.55	1616

MOYENNES DE GENÈVE. — DÉCEMBRE 1902

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	24.53	24.56	24.80	25.46	24.93	25.02	25.46	25.70	25.06
2e »	34.79	34.62	34.60	35.00	33.98	33.81	34.66	35.03	34.56
3e »	30.33	30.41	30.43	30.46	29.44	29.04	29.48	29.45	29.80
Mois	29.90	29.78	29.85	30.31	29.45	29.28	29.85	30.04	29.81

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	− 0.76	− 0.64	− 0.84	− 0.44	+ 0.38	− 0.17	− 0.93	− 1.48	− 0.61
2e »	+ 0.81	+ 0.31	+ 0.36	+ 0.95	+ 2.16	+ 2.21	+ 2.13	+ 1.74	+ 1.33
3e »	+ 1.56	+ 1.25	+ 1.19	+ 2.65	+ 4.99	+ 3.70	+ 2.35	+ 1.64	+ 2.41
Mois	+ 0.57	+ 0.34	+ 0.27	+ 1.40	+ 2.59	+ 1.97	+ 1.22	+ 0.67	+ 1.09

Fraction de saturation en %

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
1re décade	88	87	87	84	79	82	86	86	85
2e »	90	93	92	90	86	88	88	89	90
3e »	87	89	89	80	71	75	83	83	82
Mois	88	90	89	85	79	81	86	86	85

Dans ce mois l'air a été calme 398 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{58}{41} = 1.41$

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 49°.24 E.
Son intensité est égale à 12.1 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		729.77
Nébulosité		8.9
Température	$\frac{7 + 1 + 9}{3}$	+ 1°.23
	$\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$	+ 1°.14
Fraction de saturation		85 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	727.96
Nébulosité	(1847-1875).	8.3
Hauteur de pluie	(1826-1875).	51mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	9
Température moyenne	(id.).	+ 0°.83
Fraction de saturat.	(1849-1875)	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Stations	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	33.1	43.1	37.3	38.0	46.5	27.5	?

Stations	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	29.9	37.0	30.7	27.8	28.5	38.0

Durée totale de l'insolation à Jussy : 28h.0.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1902

Le 1er, très fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; violente bise à 9 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.
2, fort vent le matin: forte bise le soir; neige à 9 h. du soir.
4, forte bise l'après-midi ; neige.
5, très forte bise le matin; fort vent l'après-midi; brouillard le matin.
6, fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.
7, forte bise à 7 h. et à 1 h. ; très fort vent à 9 h. du soir; neige.
8 au 11, très fort vent.
12, très fort vent le matin et à 1 h. du soir; grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 10 % à 4 h. du soir.
13, forte bise le soir.
14, forte bise le matin.
15, fort vent le matin ; bise et brouillard le soir.
16, très forte bise le matin et le soir.
17 au 22, très forte bise; 17, neige le soir; 21, neige le matin.
23, forte bise le matin.
26, très forte bise.
27, très forte bise le matin.
28, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 3 % à 5 h. du matin et 4 % à 9 h. du soir.
29, fort vent; grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 12 % à 4 h. du matin.
30, fort vent le matin; très forte bise le soir; neige.
31, très forte bise le matin.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1902

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	58.5	58.4	58.6	58.5	− 3.4	58.2	58.9	SW. 2	SW. 3	NE. 3	var.	9	10	1	7	....	....
2	58.4	58.5	58.8	58.6	− 3.3	58.2	59.2	SW. 2	SW. 2	NE. 3	var.	2	7	10	6	....	....
3	58.3	58.0	58.2	58.2	− 3.7	57.7	59.5	SW. 1	SW. 2	NE. 1	var.	0	3	3	2	....	....
4	57.2	56.0	54.8	56.0	− 5.9	54.5	57.9	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	24.1	**34.0**
5	56.6	56.7	57.3	56.9	− 5.0	55.8	57.5	NE. 4	SW. 2	SW. 2	var.	10	1	0	4	...	....
6	57.2	56.9	57.7	57.3	− 4.6	56.9	57.4	SW. 2	SW. 2	NE. 1	var.	0	0	1	0	....	...
7	57.4	56.2	56.4	56.7	− 5.1	56.0	57.4	NE. 2	NE. 2	SW. 3	var.	8	4	10	7	1.6	2.0
8	56.6	56.4	57.4	56.8	− 5.0	56.3	57.8	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	8	5	7	7	....	....
9	57.6	58.0	60.4	58.7	− 3.1	57.3	61.5	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	4	2	3	3	....	...
10	62.6	63.3	65.3	63.7	+ 1.9	61.8	65.9	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	0	4	0	1	....	....
11	66.2	66.4	66.5	66.4	+ 4.7	66.0	66.8	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	0	5	3	3	....	....
12	67.3	67.3	68.0	67.5	+ 5.8	67.0	68.4	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	2	7	3	4	....	....
13	67.9	68.3	69.3	68.5	+ 6.8	67.5	70.0	SW. 1	SW. 1	NE. 2	var.	2	3	3	3	....	....
14	69.9	70.0	69.9	69.9	+ 8.2	69.0	70.3	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
15	67.6	67.3	66.4	67.1	+ 5.4	66.3	68.5	NE. 2	SW. 1	SW. 3	var.	0	0	10	3	....	....
16	67.0	67.1	69.1	67.7	+ 6.1	66.9	69.4	NE. 3	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	2	7	6	....	....
17	69.8	70.6	71.2	70.5	+ 8.9	69.6	**71.4**	NE. 4	NE. 4	NE. 2	NE. 3	10	9	10	10	....	....
18	69.1	66.9	62.8	66.3	+ 4.7	62.5	70.5	NE. 2	NE. 3	NE. 5	NE. 3	10	7	10	9	14.0	12.0
19	61.4	60.0	63.3	61.6	0.0	60.0	64.2	NE. 5	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	10	10	10	6.0	9.0
20	65.5	65.1	64.7	65.1	+ 3.5	64.5	65.7	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	9	10	10	10	...	....
21	64.0	63.6	63.8	63.8	+ 2.2	63.4	65.0	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	8	10	9	11.2	16.0
22	64.9	66.3	68.7	66.6	+ 5.0	64.9	69.2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	0	4	....	....
23	69.9	69.4	70.5	69.9	+ 8.4	69.3	70.6	NE. 2	NE. 1	SW. 1	var.	0	0	0	0	....	....
24	70.8	70.7	70.7	**70.7**	+ **9.2**	70.3	71.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
25	70.4	70.0	70.2	70.2	+ 8.7	69.5	70.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	..
26	68.1	66.7	66.6	67.1	+ 5.6	66.5	69.8	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	4	4	6	5	....	....
27	69.1	69.4	68.7	69.1	+ 7.6	67.0	69.7	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	1	0	4	....	....
28	65.8	64.2	61.8	63.9	+ 2.5	68.5	61.3	NE. 1	NE. 1	SW. 1	var.	4	1	1	2	....	...
29	57.3	55.4	52.6	55.1	− 6.3	50.0	61.0	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	4	6	10	7	...	....
30	48.7	46.0	45.3	**46.7**	− **14.7**	**45.2**	49.8	SW. 2	SW. 2	NE. 3	var.	10	10	10	10	**30.5**	**34.0**
31	46.9	49.1	52.5	49.5	− 11.9	46.0	53.0	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	0	0	3	....	....
Mois	62.84	62.52	62.82	62.73	+ 0.41							5.4	4.2	4.8	4.8	87.4	107.0

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 8 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 3.6	- 1.5	- 6.2	- 3.8	+ 2.9	- 6.3	- 1.1	100	100	89	96	55	100
2	- 5.2	- 4.8	- 9.2	- 6.4	+ 0.4	- 9.8	- 3.8	72	71	95	79	53	100
3	-11.4	- 7.4	- 8.0	- 8.9	- 2.0	-12.0	- 7.0	93	49	61	68	15	98
4	- 9.9	- 9.8	-14.4	-11.4	- 4.4	-15.0	- 9.2	96	82	87	88	70	100
5	-12.0	-10.0	-10.6	-10.9	- 3.9	-15.0	-10.0	90	89	67	82	64	95
6	-11.2	- 9.9	-11.2	-10.8	- 3.7	-12.0	- 9.9	67	64	67	66	62	83
7	-10.8	- 7.3	-12.4	-10.2	- 3.0	-13.0	- 7.0	95	77	94	89	63	95
8	-12.6	-11.4	-12.0	-12.0	- 4.7	-14.0	-11.0	93	95	95	94	90	98
9	-13.6	-12.0	-11.8	-12.5	- 5.1	-14.6	-11.0	95	95	95	95	70	97
10	- 7.6	- 5.6	- 6.6	- 6.6	+ 0.8	-12.5	- 5.8	72	79	41	64	33	80
11	- 6.9	- 6.4	- 6.8	- 6.7	+ 0.8	- 8.0	- 6.0	29	44	38	37	25	48
12	- 6.4	- 6.5	- 6.7	- 6.5	+ 1.1	- 8.2	- 5.9	18	31	61	37	10	70
13	- 5.2	- 3.2	- 5.0	- 4.5	+ 3.2	- 7.0	- 3.0	61	67	67	65	36	72
14	- 5.6	- 3.4	- 6.6	- 5.2	+ 2.5	- 7.4	- 2.9	67	58	72	66	52	73
15	- 5.0	- 3.7	- 9.2	- 6.0	+ 1.8	- 9.5	- 2.8	41	37	100	59	30	100
16	-11.8	-10.1	- 5.0	- 9.0	- 1.2	-12.8	- 4.8	99	95	100	98	34	100
17	- 2.6	+ 0.4	- 2.1	**- 1.4**	+ 6.5	- 6.2	**+ 0.4**	100	100	100	100	100	100
18	- 3.1	- 2.3	- 7.8	- 4.4	+ 3.6	- 8.4	- 2.3	100	100	96	99	90	100
19	-10.6	- 9.9	-11.0	-10.5	- 2.5	-11.6	- 8.5	92	92	90	91	85	95
20	-13.0	-13.0	- 9.1	-11.7	- 3.6	-13.8	- 7.8	90	94	93	92	85	95
21	- 9.0	- 5.2	- 6.9	- 7.0	+ 1.1	- 9.0	- 5.0	93	94	95	94	90	98
22	- 8.6	- 7.9	- 6.7	- 7.7	+ 0.5	- 9.0	- 6.5	94	94	40	76	33	95
23	- 6.8	- 2.9	- 5.8	- 5.2	+ 3.0	- 8.0	- 2.6	31	39	37	36	30	52
24	- 6.0	- 3.9	- 3.8	- 4.6	+ 3.7	- 6.3	- 3.6	31	26	25	27	20	39
25	- 4.5	- 1.6	- 4.4	- 3.5	+ 4.8	- 5.5	- 1.6	28	19	28	25	18	38
26	- 6.4	- 4.4	- 6.6	- 5.8	+ 2.6	- 7.4	- 4.4	56	86	98	80	30	100
27	- 6.6	- 4.5	- 4.5	- 5.2	+ 3.2	- 7.1	- 3.8	99	60	36	65	21	100
28	- 1.6	- 1.6	- 1.6	- 1.6	**+ 6.8**	- 5.0	- 0.4	4	13	5	**7**	**8**	23
29	- 9.8	- 9.2	-10.2	- 9.7	- 1.2	-10.6	- 1.8	59	97	98	85	12	100
30	-10.2	- 8.6	-11.8	-10.2	- 1.7	-12.5	- 8.4	98	98	97	98	95	100
31	-13.6	-12.8	-15.8	**-14.1**	**- 5.5**	**-16.8**	-12.7	94	94	65	84	60	98
Mois	- 8.10	- 6.46	- 8.06	- 7.51	+ 0.05	-10.14	- 5.49	73	72	72	72	50	85

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 19

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est p appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + | **Fraction de saturation en**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyer
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	58.04	57.84	58.49	58.14	87	80	79	82
2e »	67.17	66.90	67.12	67.06	70	72	82	74
3e »	63.26	62.80	62.85	62.96	62	65	57	62
Mois	62.84	62.52	62.82	62.73	73	72	72	72

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.79	— 7.97	— 10.24	— 9.33	— 9 56
2e »	— 7.02	— 5.81	— 6.93	— 6.59	— 6.67
3e »	— 7.55	— 5 69	— 7.10	— 6.78	— 6.86
Mois	— 8.10	— 6.46	— 8.06	— 7.54	— 7.67

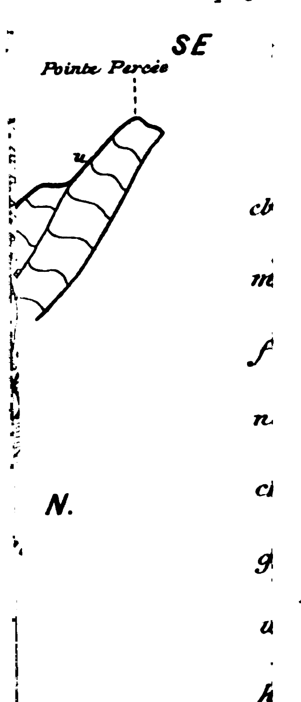
Dans ce mois l'air a été calme 0.0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{117}{82} = 1.43$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 37.63 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	38.2	44.9	41.9	87.4
Neige en centimètres....	5cm	33cm	49cm	107cm



cb

m

f

n

cl

g

u

h

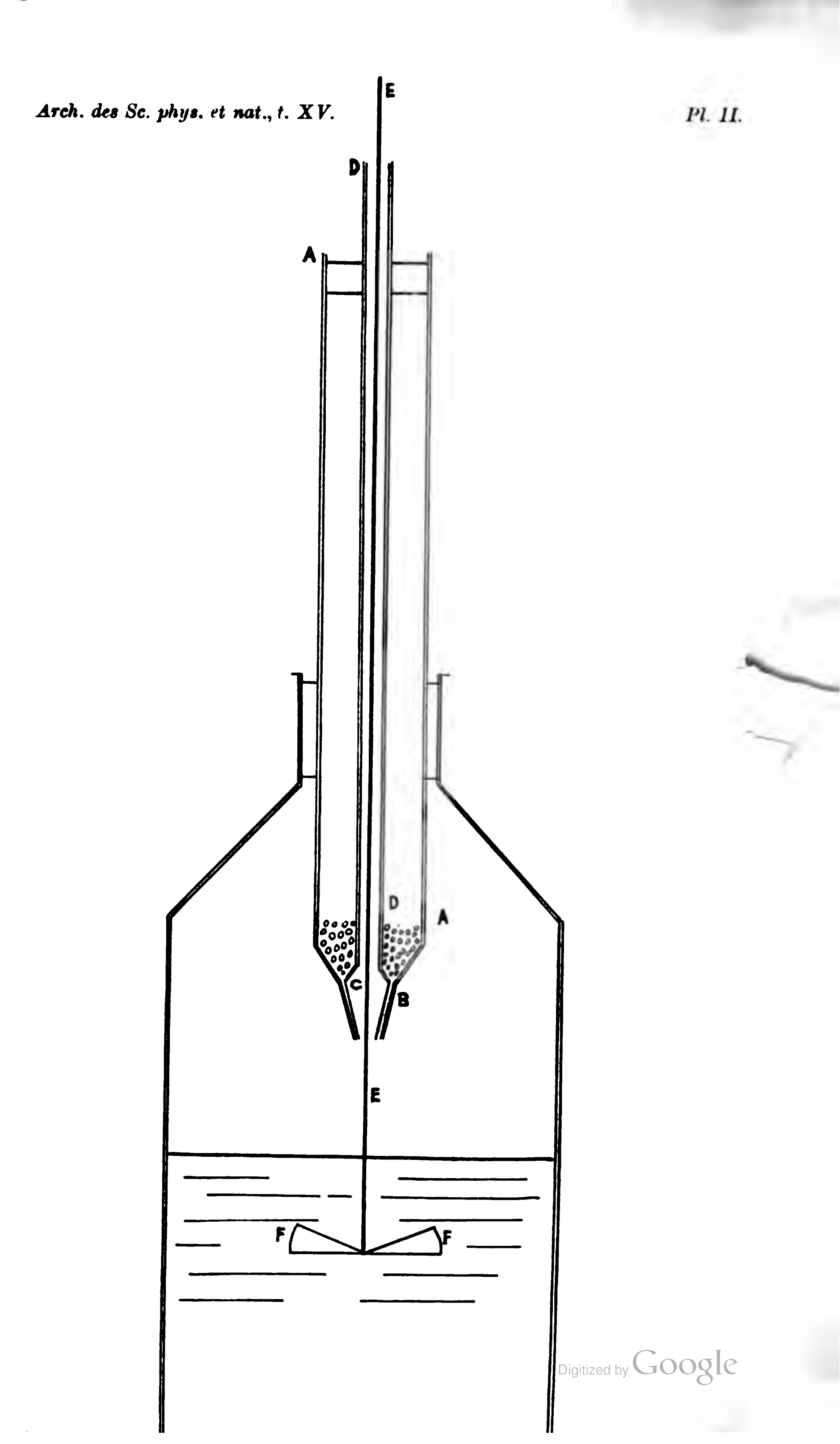
i

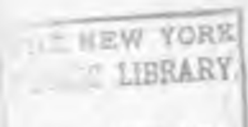
j

i

t

VW.


E
D
A
D
A
C
B
E
F
F


NEW YORK
LIBRARY
LENOX AND

Cu_2Al_3

40%

Cu

ACTION

DE

L'ACIDE NITREUX et de L'ACIDE CHLORHYDRIQUE

SUR

LA PAPAVÉRINE

PAR

Amé PICTET et G.-H. KRAMERS [1]

Au cours d'un travail sur les alcaloïdes de l'opium, nous avons fait sur l'un d'entre eux, la papavérine, les deux observations suivantes :

I. Action de l'Acide nitreux sur la Papavérine.

Lorsqu'on ajoute du nitrite de soude à une solution aqueuse de chlorhydrate de papavérine, il se forme un abondant précipité ; celui-ci est un mélange de deux corps, que l'on peut facilement séparer en redissolvant le dépôt dans l'acide chlorhydrique dilué et en ajoutant de la soude en excès. On obtient un dépôt cristallin, qui n'est autre chose que de la papavérine régénérée, tandis qu'un autre composé reste en solution ; on peut l'isoler en faisant passer dans la liqueur alcaline un courant d'acide carbonique ; il se dépose alors

[1] Extrait de la thèse de M. Kramers : *Sur quelques alcaloïdes de l'opium*. Genève 1901.

en flocons presque blancs. Purifié par cristallisation dans l'alcool dilué, il forme de belles paillettes incolores, dont le point de fusion est situé à 235-236°.

L'examen des propriétés de ce corps nous a montré son identité avec la *papavéraldoxime*, que M. Goldschmiedt[1] a obtenue en faisant agir l'hydroxylamine sur la papavéraldine, et qui a été étudiée depuis lors par M. Hirsch[2]. Nous avons, en particulier, constaté l'existence des deux modifications α et β, observées par M. Hirsch, dont l'une fond à 235-236° et l'autre à 252°.

En décomposant notre produit par l'acide chlorhydrique bouillant, nous avons obtenu un corps qui est identique avec la papavéraldine, ainsi que cela résulte de son examen comparatif avec un échantillon de cette dernière substance, que nous avons préparé d'après les indications de M. Goldschmiedt[3] en oxydant la papavérine au moyen du permanganate de potasse.

L'action de l'acide nitreux sur la papavérine a donc lieu, dans les conditions de notre expérience, selon l'équation suivante :

CH_3O, CH_3O, N — CH_2 — OCH_3, OCH_3 + ON.OH = CH_3O, CH_3O, N — C = N.OH — OCH_3, OCH_3 + H_2O

Papavérine — Papavéraldoxime

[1] *Monatshefte*, **7**, 489.
[2] Ibid., **16**, 830.
[3] *Monatshefte*, **6**, 956.

Cette réaction constitue un procédé de préparation de la papavéraldoxime et de la papavéraldine qui nous semble plus commode et plus rapide que celui de M. Goldschmiedt. Malheureusement les rendements sont faibles. Nous avons essayé de les améliorer en faisant agir sur la papavérine, soit le nitrite d'amyle, soit les vapeurs nitreuses produites par l'action de l'acide nitrique sur l'acide arsénieux. Ce dernier moyen nous a seul fourni un résultat positif, quoique différent de celui que nous attendions.

Lorsqu'on fait arriver les vapeurs nitreuses dans une solution chloroformique du chlorhydrate de papavérine, maintenue à l'ébullition, il se forme bientôt un précipité jaune, constitué par de petits cristaux tabulaires. Ce corps est peu soluble dans l'eau froide ; il se dissout assez facilement dans l'eau bouillante et se dépose, par refroidissement, en superbes prismes jaune paille, qui fondent à 179° en se décomposant. Le rendement est de 65 °/₀ de la papavérine employée.

L'analyse conduit à la formule $C_{20}H_{21}N_{3}O_{7}$:

Analyse :

0,1441 gr. subst. — 0,3034 gr. CO_2 — 0,0646 gr. H_2O
0,1730 gr. subst. — 16,2 cm.³ N à 725 mm. et 24°

	Trouvé	Calculé
C.....	57,42 °/₀	57,83 °/₀
H.....	4,98	5,06
N.....	10,01	10,12

Ce corps est la *nitrite* peu soluble d'une base $C_{20}H_{20}N_{2}O_{5}$. Sa solution aqueuse, additionnée de soude, fournit un abondant précipité de la base libre, tandis que la solution renferme du nitrite de soude. Recristallisée à deux reprises dans l'alcool ou le benzène

avec adjonction de charbon animal, la base forme de longues aiguilles soyeuses d'un blanc éclatant, qui se colorent lentement à la lumière en vert, et qui entrent en fusion à 181,5°.

Analyse :

0,1158 gr. subst. — 0,2774 gr. CO_2 — 0,0570 gr. H_2O
0,1582 gr. subst. — 10,6 cm.³ N à 727 mm. et 21°

	Trouvé	Calculé pour $C_{20}H_{20}N_2O_5$
C.....	65,33 %	65,22 %
H.....	5,47	5,46
N.....	7,52	7,61

La base ainsi obtenue est donc un isomère de la papavéraldoxime. Elle s'en distingue par son insolubilité dans les alcalis ; elle ne renferme par conséquent pas le groupe bivalent NOH, mais le groupe monovalent NO ; c'est une *nitrosopapavérine*, $C_{20}H_{20}NO_4(NO)$. Elle ne donne pas la réaction de Liebermann ; le groupe NO est donc lié à l'un des atomes de carbone. On peut regarder comme probable que c'est à celui du noyau diméthoxybenzylique qui se trouve en *para* par rapport à l'un des méthoxyles.

Sels de nitrosopapavérine : Outre le nitrite, décrit plus haut, nous avons préparé les sels suivants :

Le *chlorhydrate* cristallise par refroidissement de sa solution dans l'eau chaude en larges aiguilles, fusibles à 181° en se décomposant.

Le *nitrate*, obtenu d'une manière semblable, forme des paillettes hexagonales qui fondent à 183° en dégageant des gaz.

Le *picrate* prend naissance lorsqu'on dissout la base à chaud dans une solution alcoolique d'acide picrique. Par refroidissement il se dépose de petites aiguilles

jaunes transparentes, réunies en houppes, et fusibles vers 120°.

Le *chloroplatinate* forme un précipité floconneux jaune, très peu soluble dans l'eau bouillante. Il commence à noircir à 226° et fond à 235° en se décomposant.

Analyse : 0,3716 gr. subst. — 0,0640 gr. Pt.

	Trouvé	Calculé pour $(C_{20}H_{20}N_2O_5.HCl)_2\,PtCl_4$
Pt.....	16,95 %	16,98 %

II. Action de l'Acide chlorhydrique sur la Papavérine.

M. Goldschmiedt[1] a montré que la papavérine renferme 4 groupes méthoxyle ; en la chauffant avec de l'acide iodhydrique, il l'a transformée en une base de formule $C_{16}H_9N(OH)_4$, à laquelle il a donné le nom de *papavéroline*. La papavérine constitue donc la *tétraméthylpapavéroline*, $C_{16}H_9N(OCH_3)_4$.

Nous nous sommes demandé s'il serait possible d'obtenir, par élimination d'une partie seulement des groupes méthyle, des corps intermédiaires entre les deux précédents et possédant à la fois des hydroxyles et des méthoxyles. La préparation de ces corps pouvait avoir quelque intérêt à cause des rapports qu'ils devaient présenter avec certains alcaloïdes de l'opium, en particulier avec la *laudanine*. Celle-ci renferme, en effet, 3 méthoxyles et un hydroxyle. L'un de nous a montré que, si l'on transforme ce dernier groupe en un quatrième méthoxyle (ce qui peut se faire soit par l'action de l'iodure de méthyle et de la potasse, soit

[1] *Monatshefte*, 6, 967.

par celle du diazométhane), on obtient une base de formule $C_{21}H_{27}NO_4$, fusible à 115°, et que celle-ci est identique à la *n*-méthyltétrahydropapavérine (laudanosine racémique)[1] que l'on peut préparer d'autre part en réduisant l'iodométhylate de papavérine[2].

On pouvait donc espérer qu'en enlevant un seul groupe méthyle à la papavérine et en réduisant l'iodométhylate du produit, on parviendrait à réaliser une synthèse partielle de la laudanine.

Pour éliminer ce groupe, nous avons d'abord essayé de remplacer, dans l'expérience de M. Goldschmiedt, l'acide iodhydrique par l'acide chlorhydrique, et nous avons chauffé à l'ébullition pendant 9 heures la papavérine avec un grand excès d'acide chlorhydrique concentré. Le produit de la réaction se sépare par refroidissement en deux couches; l'inférieure est constituée par un chlorhydrate gommeux, peu soluble dans l'acide chlorhydrique. On l'isole par décantation et on le décompose par le carbonate de soude ; on obtient ainsi un corps blanc, insoluble dans les carbonates alcalins, mais soluble dans les alcalis caustiques et dans les acides. Cette nouvelle base se dissout facilement dans l'alcool ; elle est peu soluble dans l'éther et insoluble dans l'éther de pétrole. Elle donne avec le chlorure

[1] Cette observation a été présentée à la Société de Chimie de Genève le 6 juillet 1899 (voir *Archives*, **8**, 304 et *Chemiker-Zeitung*, **23**, 601). Sans avoir connaissance de ce fait, M. Hesse a préparé de son côté la laudanosine racémique en traitant la laudanine par l'iodure de méthyle et la potasse. Il a communiqué ce résultat au *Verein deutscher Chemiker* dans sa séance du 14 décembre 1900 et a publié le détail de ses expériences dans le *Journal für praktische Chemie* (**65**, 42) le 10 décembre 1901.

[2] Pictet et Athanasesco. *Archives*, **11**, 113.

ferrique une coloration vert-jaunâtre, et réduit la solution ammoniacale d'argent avec formation d'un miroir.

Malheureusement elle est trop oxydable pour pouvoir être analysée à l'état libre ; elle devient très vite verte et résineuse à l'air. Pour fixer sa composition nous avons du nous borner à en préparer deux sels, le *picrate* et le *chloroplatinate* et à soumettre ceux-ci à l'analyse. Les chiffres obtenus montrent que la substance est une *diméthylpapavéroline* de formule $C_{16}H_9N(OCH_3)_2(OH)_2$. Sa facile oxydabilité résulte probablement de la position *ortho* des deux hydroxyles.

Le *picrate* cristallise dans l'eau chaude en aiguilles jaunes, fusibles à 104°. Il est assez soluble dans l'eau froide, facilement soluble à froid dans l'alcool et à chaud dans le benzène et dans le chloroforme.

Analyse :

0,1792 gr. subst. — 0,3510 gr. CO_2 — 0,0614 gr. H_2O

	Trouvé	Calculé pour $C_{18}H_{17}NO_4.C_6H_2(NO_2)_3OH$
C....	53,42 %	53,33 %
H....	3,81	3,71

Le *sel de platine* forme un précipité blanc amorphe

0,2189 gr. subst. — 0,0418 gr. Pt

	Trouvé	Calculé pour $(C_{18}H_{17}NO_4.HCl)_2\,PtCl_4$
Pt....	19,10 %	18,89 %

On voit d'après ce qui précède que l'action de l'acide chlorhydrique en excès sur la papavérine est encore trop forte et conduit à l'élimination de 2 groupes méthyle. Pour n'en enlever qu'un, il nous a semblé que le meilleur moyen serait de ne faire réagir sur la papa-

vérine qu'une seule molécule d'acide chlorhydrique. Nous avons réalisé cette condition de la manière la plus simple en chauffant le chlorhydrate de papavérine. A une température élevée ce sel se décompose nettement selon l'équation suivante :

$$C_{16}H_9N(OCH_3)_4HCl = C_{16}H_9N(OCH_3)_3(OH) + CH_3Cl$$

et se transforme en *triméthylpapavéroline* libre et en chlorure de méthyle qui se dégage.

30 gr. de chlorhydrate de papavérine, soigneusement desséché, sont chauffés graduellement dans un bain de paraffine. Dès 170° le sel commence à fondre, et bientôt après se décompose en dégageant des gaz combustibles ayant l'odeur du chlorure de méthyle. Après avoir maintenu la température à 195-200° pendant une vingtaine de minutes, on laisse refroidir ; le produit, qui constitue une masse vitreuse brun clair, est pulvérisé et redissous dans de l'acide chlorhydrique dilué. A cette solution on ajoute de la soude caustique en excès, qui précipite un peu de papavérine non attaquée et qui dissout la triméthylpapavéroline. On filtre et on fait passer dans le liquide un courant d'acide carbonique. La triméthylpapavéroline se sépare alors sous la forme d'un précipité blanc. Rendement : 40-60 °/₀ de la quantité théorique, suivant les opérations.

La triméthylpapavéroline, purifiée par cristallisation dans l'alcool bouillant, forme de petites tables, qui se décomposent à 240° sans entrer en fusion. Elle est peu soluble dans l'alcool froid et le chloroforme, presque insoluble dans le benzène, la ligroïne et l'éther. Elle ne donne pas de coloration avec l'acide sulfurique concentré, ni avec l'acide sulfurique renfermant une

trace de chlorure de fer, mais en revanche une belle coloration rouge avec le réactif de Mandelin (solution de vanadate d'ammoniaque dans l'acide sulfurique concentré).

Analyse :

I. 0,1596 gr. subst. — 0,4068 gr. CO_2 — 0,0884 gr. H_2O
II. 0,2166 gr. subst. — 0,5546 gr. CO_2 — 0,1208 gr. H_2O
III. 0,3000 gr. subst. — 12,2 cm.³ N à 735 mm. et 27°

	Trouvé			Calculé pour
	I	II	III	$C_{19}H_{19}NO_4$
C....	69,51 %	69,83 %	—	70,15 %
H....	6,15	6,19	—	5,85
N....	—	—	4,33 %	4,31

Sels de triméthylpapavéroline.

Le *chlorhydrate* cristallise dans l'eau chaude en gros prismes, plus ou moins fortement colorés en jaune verdâtre. Il est très soluble dans l'alcool. Il renferme de l'eau de cristallisation, dont il perd déjà une partie à l'air en devenant jaune-brun. A l'état hydraté il fond à 65°; après dessication à 110° il fond à 192°.

Le *chloroplatinate* forme un précipité floconneux jaune orangé. Il est très peu soluble dans l'eau bouillante, ainsi que dans l'acide chlorhydrique dilué. Il ne contient pas d'eau de cristallisation et fond à 231° en se décomposant.

Analyse : 0,2044 gr. subst. — 0,0376 gr. Pt

	Trouvé	Calculé pour $(C_{19}H_{19}NO_4.HCl)_2PtCl_4$
Pt....	18,39 %	18,39 %

Le *chloromercurate* se précipite lorsqu'on ajoute du sublimé à la solution aqueuse chaude du chlorhydrate.

Recristallisé dans l'eau bouillante, il forme de petites aiguilles blanches qui renferment de l'eau de cristallisation. Le sel anhydre fond vers 155° en se décomposant.

Le *picrate* se prépare en dissolvant la base à chaud dans une solution alcoolique saturée d'acide picrique. Par refroidissement il se dépose sous la forme de petites tables jaunes, quadrangulaires et transparentes, fusibles à 206,5°.

Le *sel de soude* est facilement soluble dans l'eau, mais peu soluble dans un excès de soude caustique. Son point de fusion n'est pas net; il fond lentement entre 160 et 175°.

L'*iodométhylate* prend naissance lorsqu'on chauffe la base à 120-125°, en tube fermé, avec de l'iodure de méthyle et de l'alcool méthylique. Il forme des tétraëdres fusibles à 63-64° et renfermant de l'eau de cristallisation. Il se dissout facilement dans l'eau chaude et dans l'alcool, beaucoup moins dans le chloroforme. Il est presque insoluble dans le benzène et dans l'éther de pétrole, complètement insoluble dans l'éther.

Le *chlorométhylate*, préparé en agitant avec du chlorure d'argent la solution aqueuse chaude de l'iodométhylate, cristallise par évaporation lente de la dite solution en tétraëdres incolores, fusibles à 70-71°.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous espérions, en réduisant ce chlorométhylate au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique, obtenir la laudanine, par une réaction semblable à celle qui avait permis à MM. Pictet et Athanasesco de préparer la laudanosine racémique en partant du chlorométhylate de papavérine. L'expérience n'a pas confirmé cette prévision; en procédant

exactement comme dans l'opération précédente, nous avons obtenu une base qui présente, il est vrai, certaines analogies avec la laudanine naturelle, mais qui ne lui est cependant pas identique, et en constitue probablement un isomère ; nous la nommons provisoirement *isolaudanine*. Le tableau suivant fera voir les principales différences qui existent entre les deux corps :

	Laudanine	Isolaudanine
Point de fusion..........	166°	76°
Alcalis..................	soluble	soluble
Carbonates alcalins.......	insoluble	insoluble
Chlorure ferrique.........	coloration verte	coloration verte
Acide sulfurique concentré.	pas de coloration	pas de coloration
Acide sulfurique additionné d'une trace de chlorure ferrique.............	color. rose violacé	coloration bleu foncé
Réactif de Fröhde.........	coloration rose	coloration bleue
» de Lafon..........	»	»
» Mandelin..........	color. jaune verdâtre	color. jaune verdâtre

Au point de vue de sa constitution, l'isolaudanine diffère évidemment de la laudanine par la position de son hydroxyle ; le méthoxyle de la papavérine qui est attaqué par l'acide chlorhydrique n'occupe pas, dans la molécule, la même place que l'hydroxyle de la laudanine.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

SUR LA

FORME ET SUR LE POIDS

DES

GOUTTES STATIQUES ET DYNAMIQUES

PAR

Ph.-A. GUYE et F.-Louis PERROT

(Avec la planche IV.)

Introduction

Dans le mémoire que nous avons publié il y a deux ans[1] sur l'*emploi du compte-gouttes pour la mesure des tensions superficielles*, nous n'étions pas parvenus à élucider complètement la relation qui peut exister entre les poids des gouttes de différents liquides et leurs tensions superficielles. Nous avions cru cependant pouvoir rendre utilisable la formule classique

$$P = 2\pi r\gamma$$

grâce à l'adjonction de deux termes correctifs. L'un de ces termes dépendait du nombre n de gouttes fourni par un certain volume de liquide, constant pour tous

[1] *Archives*, t. XI, p. 225 et p. 345 (1901).

les corps, l'autre de la durée de formation τ d'une goutte. Ces deux corrections nous permirent de trouver, au moyen du poids des gouttes, des valeurs γ des tensions superficielles très voisines de celles que l'on avait trouvées, sur les mêmes échantillons, par la méthode des ascensions capillaires telle que l'ont pratiquée MM. Ramsay et Schields[1], à condition toutefois que le nombre n' et la durée τ' du liquide considéré fussent compris entre certaines limites à partir du nombre n et de la durée τ correspondant au liquide choisi comme *liquide type*.

Depuis lors, dans le même laboratoire[2], une nouvelle série de corps a été soumise aux deux méthodes (gouttes et ascensions) et en appliquant notre formule de correction, nous avons constaté que si pour la plupart des corps les valeurs γ coïncident entre les deux méthodes, pour d'autres elles diffèrent notablement. Nous préférons suspendre toute conclusion à ce sujet jusqu'au moment où nous serons en possession des résultats d'autres travaux connexes qui se poursuivent actuellement.

Au reste, nous avons pu nous convaincre en cherchant à approfondir la relation entre la tension superficielle et le poids des gouttes, que le problème est des plus complexes et que des propriétés encore peu connues des liquides doivent jouer un rôle important dont ne tient d'ailleurs aucun compte la formule classique $P = 2\pi r\gamma$, même avec les corrections jusqu'ici proposées par divers auteurs.

[1] *Zeitschrift für Physikal. Chemie*, t. XII, 433 (1893).

[2] J. Bolle. Contribution à l'étude des mesures de tensions superficielles. Thèse, Genève, 1902.

En présence de ces obscurités de la théorie, nous avons, dans le présent article, surtout comme but d'apporter une collection de documents descriptifs et numériques dont on pourra se servir plus tard pour des conclusions théoriques, conjointement avec les données assez nombreuses, relatives aux poids des gouttes, que l'on trouve dans notre premier travail.

Un fait certain ressort néanmoins dores et déjà soit de nos recherches antérieures, soit de celles de divers auteurs[1], à savoir que les effets dynamiques dus à l'écoulement du liquide par le tube ont une influence considérable sur le poids de la goutte. Il serait donc tout à fait illusoire de bâtir une formule générale reliant le poids de la goutte à telles ou telles propriétés du liquide si l'on ne s'est pas mis à l'abri des effets dynamiques lors de l'évaluation du poids.

Il faudra donc, dans les pesées, n'*opérer que sur des gouttes de formation très lente*, pour lesquelles l'effet de vitesse est pratiquement nul et utiliser des méthodes telles que celles dont nous nous sommes servis dans les 3me et 4me séries de notre premier travail. Remarquons en passant que, si la méthode proposée dans notre 2me série nous a conduits pour toute une suite de corps[2], au maintien provisoire de la for-

[1] On peut ajouter à la liste des auteurs que nous avons cités dans notre précédent mémoire, M. Geo-F. Payne comme ayant fait des expériences démontrant qu'un même volume d'un même liquide peut fournir un nombre très variable de gouttes, suivant les conditions expérimentales. *Merk's report*, vol. 6, p. 401 (1897). Cité par le *Bulletin of Llyods library*, Cincinnati, 1902, n° 4. (References to capillarity.)

[2] Dernièrement M. le Dr J. Amann se basant sur nos conclusions et sur celles de M. Forch a proposé de se servir de compte-

mule classique, c'était là un succès purement empirique dû au fait que, chez ces liquides, les effets dynamiques se trouvaient contrebalancés par d'autres effets, qu'on peut à juste titre admettre, sans pouvoir les définir exactement : nous voulons parler des questions de *rigidité* et de *cohésion* du liquide.

Avant de rejeter comme inutilisables dans l'établissement futur d'une relation destinée à remplacer l'ancienne formule classique les données tirées de gouttes de formation rapide, nous croyons nécessaire de décrire ces dernières avec quelques détails, quand ce ne serait que pour prouver une fois pour toutes le caractère variable de leur forme et de leur poids.

Voici donc quel est le plan du nouveau mémoire que nous publions maintenant :

Dans une première partie on trouvera d'abord l'étude détaillée des *formes* successives qu'affecte un liquide s'écoulant avec une vitesse décroissante, depuis la veine jusqu'au moment où les gouttes deviennent semblables à celles dont les durées de formation sont très lentes.

Ces formes une fois définies, nous passerons aux données numériques concernant les *poids* que prennent successivement les gouttes à partir du moment où la veine est remplacée par des gouttes bien séparées jusqu'à celui où la durée de formation de celles-ci devient assez longue pour maintenir leur poids sensiblement constant.

Nous chercherons à la fin de la première partie à en dégager les faits principaux.

gouttes pour l'analyse rapide des urines. (Voir : *Bulletin. Soc. Vaudoise.* XXXVIII, p. 131, et *Archives*, t. XIV, p. 70. 1902).

Dans la seconde partie nous compléterons les données numériques de *poids*, déjà fournies par les séries 3me et 4me de notre premier travail, en faisant l'étude des *formes* des gouttes de formation lente, dès leur naissance jusqu'au moment où elles se détachent en chute libre.

Pour éviter la répétition de longues périphrases, désormais nous appellerons les gouttes étudiées dans la première partie : *gouttes dynamiques*, et celles étudiées dans la seconde partie : *gouttes statiques* [1].

[1] Dans ce mémoire nous appliquons le terme de *gouttes* aux petites masses de liquide qui pendent et se détachent *dans l'air sous un tube cylindrique.* (Dans nos expériences le diamètre extérieur du tube n'a pas dépassé 7 mm.). Par conséquent tous les développements que nous donnerons au sujet des gouttes ne s'appliquent pas, *ipso facto,* à plusieurs formes de liquides auxquelles on donne habituellement le même nom de *gouttes.* Parmi celles-ci nous rappelons notamment les suivantes :

1° Une petite masse ou globule de liquide *posée sur un support inférieur,* et qui offre des profils plus ou moins elliptiques : ce genre de formes a fourni matière à divers travaux relatifs aux tensions superficielles.

2° Une petite masse liquide *séparée de tout support solide* et qui se meut dans un gaz ou dans un liquide : (ex. : les gouttes de pluie pendant leur chute). La masse pourrait aussi rester immobile (expérience de la goutte d'huile dans le liquide de Plateau).

3° Une petite masse liquide *suspendue à un support supérieur non constitué par un tube :*

C'est ainsi que Frankenheim * se servit d'un *vase à fond plat* percé d'un petit orifice. Le liquide sortait par ce dernier et s'étalait sur la surface extérieure du fond, disposant pour support d'une surface pratiquement illimitée. Guthrie ** faisait arriver le liquide sur la surface de *boules* polies ou mates. Le liquide s'accumulait au pôle inférieur de la boule, y formant une goutte.

* Frankenheim. *Lehre der Cohäsion* Breslau (1835), p. 95-96.
** *Proceedings Royal Soc.*, vol. XIII, p. 144 (1864).

Ire PARTIE

GOUTTES DYNAMIQUES

CHAPITRE PREMIER.

Formes

Décrivons maintenant les formes que prend un liquide lorsqu'on le fait écouler plus ou moins rapidement par un tube d'un diamètre extérieur compris dans les limites fixées plus haut, soit par exemple de $3^{mm}.17$, percé d'un canal capillaire assez fin pour ne pas laisser passer beaucoup de liquide à la fois [1].

Pour réaliser un écoulement de moins en moins rapide, il suffit que le tube serve d'ajutage à un réser-

Hagen*** et d'autres encore, se sont servis tantôt de tubes, tantôt aussi de *disques* minces soudés à l'extrémité inférieure de tiges. Le support était ainsi limité à la surface du disque, l'accès du liquide n'ayant pas, dans ce cas, lieu par le centre mais par les bords du disque, les conditions sont différentes par rapport aux tubes au point de vue de l'effet dynamique.

On pourrait imaginer une foule d'autres formes de supports qui toutes auraient une influence sur le volume maximum que les gouttes pourraient acquérir avant de tomber.

[1] Nous rappelons ici que les recherches de Lebaigue (*Journal de Pharm*. t. VII, p. 81, 1868), confirmées par les résultats d'autres auteurs, ont prouvé que l'influence du rapport entre les diamètres intérieur et extérieur des tubes est nulle sur le poids des gouttes. Lord Rayleigh (*Philos. Magazine*, 5e s., t. XLVIII, p. 321 1899) a constaté cependant qu'à partir d'un diamètre extérieur plus grand que 10 mm. le diamètre de l'orifice peut influer sur ce poids.

*** *Pogg. Ann*., t. CXLIII, p. 1 et p. 169 (1846).

voir qui se vide peu à peu. Pour pouvoir mesurer à la fois la hauteur verticale H de la colonne de liquide au-dessus de l'orifice et le volume écoulé dans l'unité de temps, le réservoir sera avantageusement constitué par une longue burette volumétrique à l'extrémité inférieure de laquelle on fixe par un bouchon le tube à écoulement, avec son axe bien vertical.

La burette étant remplie d'eau ou de benzène jusqu'à une hauteur H, suffisante et variable suivant les tubes, au-dessus de l'orifice à écoulement, voici comment se présente à l'œil le phénomène (voir p. 140 bis).

Le liquide s'écoule d'abord sous la forme d'un filet rectiligne qui occupe constamment la même position dans le prolongement de l'axe vertical du tube à écoulement (fig. 9). Une petite quantité de liquide est retenue en dehors du tube sous la section droite de l'orifice : elle y forme un petit cône, allongé dans le sens du filet. Ce cône grossit peu à peu et prend graduellement une forme moins allongée, qui se rapproche de celle d'un globule hémisphérique au pôle inférieur duquel serait suspendu le filet. Lorsque le globule a acquis un certain volume, le filet commence à s'agiter à la façon d'un fouet, prenant même des directions très obliques par rapport à l'axe du tube à l'instant où le globule va se détacher (fig. 10). Aussitôt ce dernier tombé, le filet reprend son allure rectiligne, qu'il perdra de nouveau avant le détachement d'un nouveau globule. Il n'y a pas cessation appréciable du filet pendant la chute du globule : ce dernier semble traversé par le filet et donne l'impression d'un grain percé qui glisserait le long d'un fil.

A mesure que le niveau baisse dans la burette, le

filet perd de sa rigidité apparente et le globule prend plus d'importance en ce sens que le liquide subissant un moindre entraînement au sortir du tube, s'étale autour de l'orifice et grimpe même autour des parois extérieures du tube. La figure du liquide ressemble dès lors à un chapelet à grains serrés autour duquel glisse de temps en temps un grain ou goutte de volume plus grand. Ces gouttes ne tombent pas à intervalles réguliers et n'interrompent d'abord pas sensiblement la succession des globules du chapelet. Mais bientôt leurs chutes se rapprochent et le chapelet est rompu : on observe durant cette nouvelle phase une alternance irrégulière de fragments de chapelets et de *gouttes à queue* (fig. 11), sur lesquelles nous allons revenir.

Le liquide accumulé autour de l'orifice ne tombe pas tout entier : une partie en reste en arrière au moment du détachement d'une autre partie et remonte brusquement autour des parois du tube, comme un ressort subitement lâché. Lorsque le niveau baisse encore dans la burette le phénomène se régularise peu à peu, en ce sens que l'on ne remarque plus trace de chapelet mais uniquement des grosses gouttes isolées.

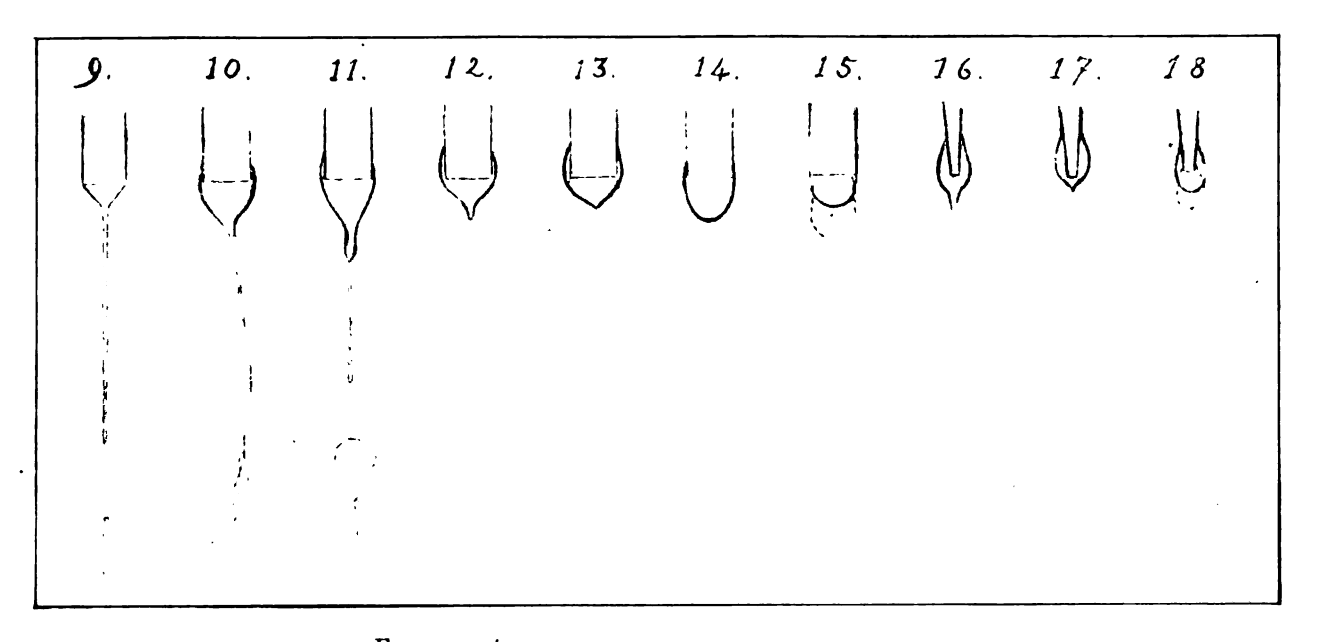
La forme de ces gouttes est intéressante (fig. 11). Elles sont accompagnées, à leur partie inférieure, d'un prolongement caudiforme qui est évidemment engendré par l'action du courant vertical du liquide. Ce dernier, qui arrive du canal capillaire avec une certaine vitesse, produit dans le sens de sa direction un refoulement dans la masse de la goutte. La membrane élastique dont celle-ci est comme enveloppée se trouve alors plus ou moins distendue, en forme de queue, vis-à-vis de l'ori-

fice, mais l'énergie cinétique du liquide affluant ne suffit pas à la percer[1].

Plus tard, le niveau dans la burette ayant encore baissé, l'ascension du liquide sur les parois extérieures du tube diminue, la queue se raccourcit et se réduit à un simple mamelon, très net, au pôle inférieur de la goutte (fig. 12, 13). Enfin, la pression devient trop faible pour produire le moindre refoulement et toute trace de mamelon disparaît (fig. 14). Les gouttes présentent bientôt dès leur naissance la forme régulièrement bombée qu'elles conserveront dès lors à peu près sans changement (fig. 15).

Il est important de remarquer que la position de la goutte et son allure ne sont pas les mêmes lorsqu'il s'agit de tubes effilés que lorsque le tube a un diamètre supérieur à $2^{mm},5$ ou 3^{mm} environ. Dans le cas des tubes effilés, le liquide sort d'abord en un jet très court faisant une légère saillie dans la direction de l'axe, puis il remonte pour former la goutte en se massant tout autour des parois extérieures du tube (fig. 16). La goutte grossit et au bout d'un certain temps elle se met à glisser autour du tube, puis s'en détache (fig. 17 et 18). On peut surtout observer la chose lorsque le

[1] La queue n'existe bien marquée que tant qu'une portion notable de la goutte entoure encore les parois extérieures du tube. Lorsque l'instant de la chute approche et que la pesanteur entraîne la totalité du liquide sorti de l'orifice sous la section droite de ce dernier, la queue se trouve comme noyée dans la masse liquide. Bien que la persistance des impressions rétiniennes rende difficile la vision exacte des contours de la goutte pendant son glissement, nous inclinons à croire qu'à l'instant de son détachement elle est allongée dans le bas mais sans présenter une protubérance aussi marquée que tout à l'heure.



FIGURES SCHÉMATIQUES RELATIVES AUX GOUTTES DYNAMIQUES.

Ces figures synthétisent les formes observées soit directement, soit sur les clichés des bandes cinématographiques 7 et 8 (voir Pl. IV).

niveau est bas dans le réservoir, car la durée de formation est très lente, le jet aussi ne fait plus qu'une très légère saillie sous la section droite. Nous avons pu observer, pour des durées de formation de 13", que la goutte restait immobile autour des parois du tube pendant 11",5 tout en grossissant peu à peu. Au bout de ce temps relativement long elle se mettait en mouvement et il s'écoulait encore 1",5 avant qu'elle eut en entier franchi le plan de la section droite et se fut détachée en chute libre.

Lorsqu'il s'agit d'un tube de 2^{mm} avec des gouttes de la même durée de formation (13") le liquide est déjà au bout de 4" accumulé sous la section droite et il n'en reste qu'une couche infiniment mince au bord des parois verticales du tube. Le grossissement de la goutte a lieu durant 9" *sous* la section droite jusqu'au moment de la chute. En résumé, pour des durées de formation croissantes, l'ascension momentanée du liquide contre les parois extérieures du tube cesse beaucoup plus vite avec les tubes cylindriques d'un diamètre supérieur à 2^{mm} qu'avec les tubes effilés [1].

Le processus que nous venons de décrire a été constaté maintes fois par nous à l'œil nu et à la loupe en opérant avec l'*eau*. Avec le *benzène* le processus est

[1] On peut à ce propos remarquer en passant que le *graissage des parois* extérieures du tube, recommandé par certains auteurs dans le but de régulariser le phénomène de l'égouttement en obligeant le liquide à n'avoir comme périmètre d'attache que la section droite du tube, doit avoir une influence d'autant plus grande sur le poids des gouttes que le diamètre du tube est plus petit. Le graissage doit devenir indifférent quand le diamètre dépasse 3 à 4^{mm}. Cette question demanderait à être élucidée, les anciens auteurs étant en désaccord.

analogue dans ses grandes lignes. Toutefois, avec les tubes un peu gros, l'appendice caudiforme conserve plus longtemps une tendance à se détacher séparément avant la goutte, ce qui fait que la phase pendant laquelle les fragments du chapelet alternent avec des gouttes, dure plus longtemps que dans le cas de l'eau. Les valeurs absolues des hauteurs H auxquelles correspondent pour un même tube les diverses phases sont naturellement aussi changées, la densité et la tension superficielle de l'eau et du benzène étant très différentes.

La rapidité des mouvements du liquide dans les premières phases de l'écoulement à partir de la veine étant assez grande, on pourrait craindre que dans la description des détails du phénomène nous ayons pu être parfois victimes d'illusions rétiniennes.

Aussi, pour nous en bien préserver et pour avoir en mains des documents graphiques d'un caractère impersonnel, nous avons eu recours à l'*enregistrement photographique*. On sait que ce genre de procédé a donné déjà des résultats très intéressants entre les mains de MM. Ph. Lenard[1], Th. Lullin[2] et Ch. Lansiaux[3].

Nous nous sommes donc adressés à la maison A. et L. Lumière à Lyon, qui a bien voulu prendre des *clichés cinématographiques* de nos expériences. Nous ne saurions trop remercier ici MM. Lumière et leur assis-

[1] *Wied. Ann.* T. XXX, p. 209 (1887).
[2] *Archives.* T. II, p. 201 (1896).
[3] *Revue Suisse de Photographie,* 7me année, p. 86, (1895).

tant M. Perrigot de leur extrême complaisance dans cette occasion.

Grâce à eux nous avons eu deux bandes de clichés dont l'analyse détaillée sera faite plus bas. De ces bandes (dont l'une ne comptait pas moins de 417 figures) nous avons fait d'abord une étude détaillée à la loupe; puis nous avons projeté les négatifs sur un écran pour les examiner agrandis et en tirer des épreuves positives sur un papier sensible approprié.

Nous avons enfin détaché des bandes quelques-unes des figures les plus caractéristiques et en avons fait faire la reproduction phototypique. Ce travail de reproduction a présenté d'assez grandes difficultés et n'a pas donné un résultat bien satisfaisant. Aussi notre planche a-t-elle à notre point de vue plutôt la valeur d'une *pièce de conviction* que celle d'un objet d'étude directe.

Le matériel d'étude était à chercher dans les négatifs eux-mêmes, qui présentaient un degré de netteté bien supérieur, de même que les épreuves positives agrandies sur papier photographique qu'on pouvait en obtenir.

Une montre-chronographe placée dans le voisinage du tube à écoulement était photographiée avec ce dernier, ce qui donnait le temps correspondant à chaque figure ou cliché.

L'intérêt qui peut se rattacher à la connaissance de ces temps se trouve malheureusement beaucoup diminué par le fait que, durant la pose, le déroulement de la bande sensibilisée derrière l'objectif semble n'avoir pas toujours eu lieu avec une vitesse constante. En tout cas des difficultés expérimentales ont nécessité de fréquents arrêts, que dénote la présence de clichés surexposés

auxquels correspondent naturellement des sauts brusques de l'aiguille du chronographe. Les temps n'ont donc d'intérêt comparatif que lorsqu'ils se rapportent à une suite continue et pas trop étendue de clichés.

Sur la planche IV, les figures qui se rapportent à des clichés successifs sont reliées par des crochets. Les figures en dehors des crochets sont la reproduction de clichés choisis isolément dans le cours de la bande.

Nous allons faire l'analyse descriptive détaillée des deux bandes (8 et 7) relatives aux gouttes dynamiques[1].

Description de la bande n° 8.

(Voir planche IV, série 8, fig. *a* à *g*).

(*Eau.*) — Cette bande montre les formes d'écoulement les plus voisines de la veine simple pour un tube à écoulement légèrement conique, diamètre extérieur : $1^{mm},43$. On y voit d'abord se dérouler un assez grand nombre de clichés où l'on n'observe qu'une simple veine très nette et d'apparence rigide. Ensuite il y a eu une interruption dans le déroulement de la bande pendant la pose, dénotée par une figure surexposée, que nous prendrons pour origine dans la numérotation des clichés. Après ce cliché 0 nous noterons comme clichés les plus caractéristiques :

Le 3e cliché : veine droite, avec petit globule à la

[1] Pour éviter des erreurs, nous conserverons aux bandes et aux tubes les numéros mêmes qu'ils portent sur nos cahiers d'observations. Les remarques qui précèdent (pp. 143-144) se rapportent aussi aux bandes 1 à 11, relatives aux gouttes statiques (pp. 171-177).

base. Le chronographe indique le chiffre 13",8 pour ce cliché ; c'est la fig. *a* de la série 8, reproduite planche IV.

Le 26me cliché : encore une veine avec globule un peu plus gros ; chronographe à 15",3 (fig. 8 *b*).

Le 27e presque identique (fig. 8 *c*).

Le 28e présente une veine assez agitée, dont la direction n'est plus verticale (fig. 8 *d*).

Le 29e, veine très agitée, comme un fouet suspendu sous la goutte ; chronographe à 15",5 (fig. 8 *e*).

Le 30e coïncide avec la chute (ou détachement) de la goutte (fig. 8 *f*, temps 15",6).

Dans le 31e cliché on retrouve une veine droite et rigide, sans qu'il y ait encore de nouveau globule formé à l'extrémité du tube (fig. 8 *g*).

La suite de la bande montre la répétition du même processus. C'est au 61e cliché que la veine très agitée réapparait. La nouvelle goutte tombe au 62e (temps : 17",6) et le 63e présente la veine simple sans apparence de globule à sa base. Plus loin une nouvelle agitation de la veine au 90e cliché (temps 19",7) suivie de la chute de la 3e goutte au 91e cliché (temps : 19"8) La seconde goutte était donc séparée de la première par un intervalle de 2",0 ; la troisième était séparée de la seconde par 2",2, vu que, le niveau ayant baissé, la durée de formation devient un peu plus longue.

Description de la bande n° 7

(Voir planche IV, série 7, fig. *a* à *v*).

(*Eau.*) — Le tube était le même que pour la bande N° 8. Les clichés se succèdent dans l'ordre suivant :

1° Vingt-cinq clichés où l'on voit le filet liquide avec

un petit globule à sa base; le 26e cliché est surexposé, ce qui indique un arrêt.

2° Après cet arrêt viennent soixante et un clichés où le filet est accompagné d'un globule déjà plus gros. La fig. *a* (Pl, IV, série 7) est fournie par le premier de ces 61 clichés.

3° A la fin de ces 61 clichés il y a un nouvel arrêt auquel correspond un saut de l'aiguille du chronographe. Ce cliché surexposé nous a servi d'origine dans l'énumération qui suit :

				Temps
Au	39e	cliché	une goutte tombe le long de la veine	61",0
»	79e	»	la goutte suivante tombe..........	63",2
»	94e	»	cliché surexposé; interruption.....	—
»	95e	»	reprise d'une série, au temps......	82",8
»	97e	»	une goutte tombe à travers la veine.	83",0
»	103e	»	une goutte tombe à travers la veine.	83",2
»	105e	»	chapelet (fig. *b*, série 7)..........	83",3
»	113e	»	une goutte tombe à travers le chapelet	—
»	119e	»	longue queue sous la goutte, avec chapelets.....................	—
»	120e	»	longue queue sous la goutte, avec chapelets.....................	—
»	122e	»	chute d'une goutte...............	84",1
»	133e	»	» »	84",8
»	139e	»	interruption, cliché surexposé.....	—

Entre le 140e au temps 90",3 et le 176e au temps 92",6, on voit se dérouler plusieurs fois la suite des formes représentées (fig. 7, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*) dans laquelle on remarque une alternance de grosses gouttes et de fragments de chapelets.

Entre le 177e et le 227e clichés, soit entre deux clichés surexposés, on observe une succession de chutes de gouttes, les clichés entre les chutes indiquent fréquem-

ment un mamelon prononcé. Exemple : clichés 191ᵉ à 195ᵉ (fig. 7, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*).

Avec le 228ᵉ cliché, après une interruption dans le déroulement, commence une suite de gouttes de formation plus lente. On peut mieux se rendre compte que la goutte se forme autour des parois du tube et que le liquide affluant fait saillie d'abord sous l'orifice en un jet très court. C'est le cas dans le 236ᵉ cliché (fig. 7, *m*). Au cliché suivant la goutte étant un peu descendue sous la section droite, on ne voit plus trace de jet (fig. *n*). Cette suite s'arrête au 263ᵉ cliché (temps 106″,4).

Du 264ᵉ au 325ᵉ cliché se manifeste une longue suite de gouttes ayant une forme très arrondie dès leur naissance jusqu'à leur chute, sans aucune trace de jet ni de mamelon à aucun moment de leur formation. On a reproduit les clichés 314ᵉ à 317ᵉ (fig. 7, *s*, *t*, *u*, *v*).

Enfin du 325ᵉ au 417ᵉ et dernier cliché on a noté 7 chutes de gouttes sphéroïdales que nous n'avons pas représentées. Il y avait entre autres :

			Temps
Une chute au	337ᵉ	cliché	14″,0
»	355ᵉ	»	15″,0
»	374ᵉ	»	15″,8
»	393ᵉ	»	16″,7
»	411ᵉ	»	17″,4

Les gouttes dans cette dernière suite ont donc une durée de formation d'environ 0″,8. Ce ne sont pas encore des gouttes de formation lente, mais leur forme est déjà très voisine de celle qu'auraient ces dernières.

CHAPITRE DEUXIÈME

Poids

M. Rosset[1] a déjà fait quelques mesures relatives aux poids des gouttes dynamiques ; nous y reviendrons plus loin. Ses observations n'ayant porté que sur une ou deux pipettes et sur trois tubes dont les dimensions ne sont pas indiquées, nous avons jugé nécessaire d'en étudier un plus grand nombre, de diamètres extérieurs connus, en faisant varier aussi parfois le diamètre intérieur d'un même tube. Nos expériences ont été faites non seulement avec l'*eau* mais aussi avec le *benzène*[2].

Les divers tubes à écoulement étaient ajustés, au moyen d'un bouchon, à l'extrémité inférieure d'une longue burette volumétrique pouvant être remplie jusqu'à une hauteur $H = 1500$ mm. Cette hauteur H est la distance verticale entre l'orifice d'écoulement et le niveau du liquide dans la burette. La graduation de la burette en centimètres cubes permet la mesure des volumes écoulés.

En effet, au lieu de peser les gouttes comme le faisait M. Rosset, *nous comptions les nombres n* des gouttes fournies par l'écoulement de portions égales prélevées successivement tout le long de la burette à mesure que celle-ci se vidait. Pour l'eau chaque portion était de 2 cc. Pour le benzène elle était de 1 cc., ce volume fournissant des nombres de gouttes *n* assez

[1] *Bulletin Soc. Chim. de Paris*, t. XXIII. p. 215 (1900).

[2] Voir notre note préliminaire à la Soc. de Physique et d'histoire naturelle de Genève. *Archives*, T. XIII, p. 80 (1902).

grands, les gouttes étant beaucoup plus petites qu'avec l'eau.

La durée d'écoulement t de chaque portion, mesurée au chronographe, était aussi notée. En divisant cette durée par le nombre n de la portion correspondante, on avait τ, durée moyenne de formation d'une goutte dans cette portion. On mesurait encore avec une règle la distance H comprise entre l'orifice d'écoulement et le trait de jauge séparant les deux centimètres, autrement dit le niveau au milieu de la portion considérée, ce qui donnait la hauteur H moyenne pour cette même portion.

La précision sur t et H était assez grande. Sur n les erreurs pouvaient atteindre 1 ou rarement 2 °/₀. Nous commencions à compter les nombres n dès que le chapelet était remplacé par des gouttes à queue se succédant régulièrement. Avec quelque habitude on parvient à compter des gouttes se succédant à 0″,22 d'intervalle. On y arrive assez facilement en prenant les deux précautions suivantes : 1° en recevant les gouttes sur le fond incliné d'un vase en métal, de façon à leur faire rendre un son qui facilite leur dénombrement ; 2° en ne comptant que les unités de un à dix et en retenant les dizaines mentalement, ce qui évite l'emploi de nombre trop longs tels que soixante-dix-huit, quatre-vingt-dix-neuf, etc.

La burette est protégée par un tube de verre épais formant manchon ; ce tube dépasse la longueur de la burette jusqu'à 10 centimètres au-dessous de l'orifice d'écoulement. On est ainsi à l'abri des courants d'air et les gouttes se forment dans un espace saturé de la vapeur du liquide.

Nous avons opéré avec 10 tubes différents dont voici les dimensions et les caractères :

N° du tube	Diam. extér. mm	
1	2.80	tube cylindrique
2	5.20	tube section rodée, canal très fin.
3 (*a*,*b*,*c*,)	3.95	» » canal moins fin. (Ce tube fut successivement coupé à trois longueurs *a*, *b*, *c*).
4	1.43	tube étiré, légèrement conique.
d	3.80	tube cylindrique, canal très fin.
e	1.20	tube légèrement conique, section rodée.
f	0.80	tube étiré, un peu conique, canal pas très fin.
g [1]	3.17	tube cylindrique, section rodée.
7	1.05	tube étiré, un peu conique.
8	?	tube filiforme obtenu par étirement.

Lorsque la valeur moyenne des nombres n de gouttes par 2cc. est trop faible on constate moins facilement leur variation avec la hauteur H, aussi nous sommes-nous surtout attachés à l'étude de l'égouttement par des tubes de diamètres inférieurs à 4 mm., fournissant des nombres n un peu élevés. *Nous restons ainsi dans le cas des pipettes et comptes gouttes les plus usuels.*

Il faut remarquer que la distance verticale H ne peut pas donner une mesure exacte de la pression hydrostatique efficace à l'orifice, car l'action de la pression hydrostatique est modifiée par le frottement à travers

[1] Ce tube *g* est celui qui nous avait servi pour les déterminations de poids dans les 3me et 4me séries de notre premier mémoire. (*Archives*, loc. cit.)

le canal capillaire du tube à écoulement avant qu'elle se fasse sentir sur la goutte.

On pourra donc obtenir les durées de formation très différentes avec un même tube et pour une même hauteur H en faisant varier la résistance de frottement, par exemple en employant des longueurs diverses d'un même tube à écoulement, ou en en rétrécissant le canal capillaire au moyen d'une paille ou fil de verre étiré.

On peut aussi diminuer l'efficacité de la pression hydrostatique brute en entravant la rentrée de l'air par le haut de la burette. Dans ce but, on y adapte un robinet qui s'ouvre dans l'air par un canal étroit dans lequel on peut enfoncer plus ou moins profondément un fil de verre. L'écoulement du liquide peut être ainsi réglé et la pression efficace changée à volonté, et avec elle la durée de formation des gouttes, le tube à écoulement restant pourtant le même.

Le détail numérique de nos expériences est donné dans les tableaux qui suivent.

Sous la colonne H sont marquées les *distances verticales* comprises entre l'orifice d'écoulement et le niveau supérieur du liquide dans la burette.

Sous n sont les *nombres des gouttes* fournies par des portions égales de liquide, aux distances H correspondantes.

Sous t sont les *durées d'écoulement* de chacune de ces portions successives.

Sous $\tau = t : n$ sont les *durées de formation* moyennes d'une goutte provenant de la portion correspondante.

Aux données numériques nous joindrons parfois des

détails touchant les formes du liquide correspondant aux hauteurs H ; ceci afin d'établir quelque corrélation entre la variation des poids (ou nombres) et celle des formes des gouttes.

Les tableaux I-XIV sont relatifs à des expériences faites avec l'eau :

TABLEAU I

Tube 1. Température de l'eau : 10°,5.

H	n par 2 cc.	t	τ	Formes du liquide
1000	—	—	—	Chapelet, accompagné de gouttes plus grosses.
950	—	—	—	Chapelet brisé dont les fragments tombent avec les gouttes
919	57	25"	0.44	Mamelon très long, caudiforme.
883	56	24		Mamelon très long.
844	57	26	0.43	» »
817	57	—		» »
798	55	27	0.49	» »
762	52	—		Mamelon déjà plus court.
731	52	29		» »
715	51	31	0.56	
687	50	31	0.62	
658	51	33.5	—	
647	50	32.5	0.65	
545	46	39.2	0.86	Mamelon très court.
508	45	40.5	0.90	
444	45	47.5	1.06	Plus trace de mamelon, surface inférieure de la goutte ovoïde sans aucune protubérance.
353	43	67	1.56	
326	44	67	—	
187	43	112.5	2.62	
159	42 5	129	3.03	» »
123	44	175	3.97	
114	44	206	4.64	
48	44	300	6.8	

Tableau II

Encore le tube 1. Son canal était rétréci par un fil de verre. Température 12°,8.

H	n	t	τ
		"	"
977	45	71	1.58
780	44	74	
758	43.5	85	1.95
642	44	90	2.05
470	43	155	3.60
250	43.5	180	
78	44	718	16.3

Tableau III

Tube 2.

H	n (par 3 cc.[1])	t	τ
		"	"
624	39	61	1.56
657	40	99	2.47
694	39	120	3.07
385	40	206	5.00

Tableau IV

Tube 3 (*a*). Température 12°,0.

H	n	t	τ
	par 2 cc.	"	"
315	39	14	0.36
270	35	18	
236	32	26.5	0.83
162	31	38.5	1.24
125	33		
95	32	114	3.56

Tube 3 (*b*). C'est le 3 (*a*) raccourci du $^1/_3$ de sa longueur environ, ce qui augmente la vitesse d'écoulement en diminuant le frottement.

H	n	t	τ
		"	"
195	35	16	0.45
159	33	19.5	
122	32	26.5	0.83
83	31		
57	33	120	3.64

[1] Pour cette série seule on a dû compter sur 3 cc. les nombres n, le tube 2 ayant un diamètre assez fort.

Tube 3 (*c*). C'est le 3 (*b*) coupé encore plus court :

H	*n*	*t*	τ
208	42	11.5	0.27
162	38	14.5	
116	35	19.5	0.56
76	32	28.5	0.88
48	33	47	1.42

La veine commence à vibrer vers H = 360, elle s'agite en fouettant vers 280 et se brise vers 250 en chapelet.

Tube 3 (*c*). Deux autres séries :

H	*n*	*t*	τ	H	*n*	*t*	τ
242	42.5	14.5	0.34	268	50	14	0.28
203	39	18.0		232	45	15.5	
167	35	20.5	0.55	194	37	18	0.49
132	34	26.5		156	34	22	
105	34	33.5	1.00	148	35	28	0.80
66	33	52.5		102	33	32.5	0.98
37	33.5	102.0	3.04				

Tableau V

Tube *d*. Température 10°,2.

H	*n*	*t*	τ	τ × H
831	47	19.5	0.42	349.0
794	45.5	20.5		
758	42.5	21	0.51	
719	40.5	21		
683	39.5	23	0.58	396.1
645	39.5	24.5		
531	36	29		
495	34	31	0.91	
458	34	34.5	1.00	458.0
421	34	38.5	1.13	
340	32	48	1.50	
302	33	55	1.66	501.3
238	32	69	2.16	
164	32	136	4.25	
109	32	229	7.15	779.3

TABLEAU VI

Tube g. Température 19°,0.

H	n	t	τ
		"	"
100	53	20.5	0.39
370	51	23	0.45
362	50	24	0.48
324	46	25.5	0.55
287	44	29	0.65
240	41	34	0.83
202	40	39.5	0.99
156	40	51	1.27
82	40	100	2.50
53	40	165	4.37

TABLEAU VII

Tube g. Température 13°,5.

H	n	t	τ	τ × H
		"	"	
362	44	29	0.66	238.9
333	42	30.5	0.72	
305	41	33.5	0.82	
278	41	37.5	0.91	253.0
231	39.5	41	1.03	
222	40	47	1.17	
193	39.5	52.5	1.33	
156	39	64.5	1.65	257.4
124	39	84	2.15	
76	39	141	3.61	
38	39.5	330	8.35	317.3

TABLEAU VIII

Tube g. Débit ralenti par un fil de verre enfoncé dans toute la longueur du canal. Température : 19°,0.

H	n	t
		"
1330	39	112
1225	39	129

Un peu d'eau suintait par un joint, ce qui rend probable que $n = 40$ plutôt que 39.

Cette expérience comparée à l'avant-dernière série, montre que pour des durées *t* de même ordre, le même tube rétréci dans son diamètre intérieur fournit les mêmes nombres de gouttes, quand même les hauteurs H sont jusqu'à 23 fois plus grandes. Car on avait eu dans le tableau VI :

H	*n*	*t*
82	40	100
53	40	165

et maintenant, dans le tableau VIII, à la même température :

1330	40	112
1225	39	129

Tableau IX

Tube 4. Température 10°.5.

1re série				*2me série*			
H	*n*	*t*	τ	H	*n*	*t*	τ
164	73	24	0.32	154	68	—	
135	63	27	0.43	126	64	—	
106	67	34	0.51	99	66	—	
79	70	45.5	0.65	71	71	53	0.74
51	72	77	1.07	43	73	89	1.22
3me série				*4me série*			
172	77	22	0.29	137	63	26	0.41
145	66	25.5	0.38	135	62	26.5	0.43
117	65	31.5	0.48	127	62.5	—	
88	66	40	0.61	99	66	35	0.53
62	70	57	0.81	78	70	45.5	0.65

Le chapelet succédant à la veine commence à être traversé par de grosses gouttes dès H = 230. Il se rompt vers H = 190, donnant alors des gouttes grosses alternant irrégulièrement avec des petites ou des fragments de chapelet. Puis, vers H = 170, les grosses gouttes s'espacent régulièrement et portent chacune une queue à leur extrémité inférieure, cette queue devient de plus en plus courte, puis n'est qu'un mamelon, qui disparait enfin à son tour.

Tableau X

Tube *e*. Température 18°.5.

H	*n*	*t*
188	80	19
179	74	19
152	70.5	22.5
130	70	21
123	71	27
95	73	34
68	73.5	50
38	72.5	90
28	73.5	123

Vers H = 195mm environ commençaient à tomber des gouttes régulièrement espacés.

Tableau XI

Tube *f*. Température de l'eau 10°.2

273	81	42
244	75	45
217	74	50.5
179	71	55
170	70.5	55.5
161	70	64
133	72	79.5
104	73	105
95	74	123.5
58	74.5	270
34	74.5	1396

Vers H = 310, grosses gouttes alternant irrégulièrement avec des fragments de chapelet.

Vers H = 287, grosses gouttes régulièrement espacées.

Tableau XII

Tube 7. Etiré, un peu conique, faible diam. intérieur, rétréci encore par un fil de verre enfoncé à refus; petit filtre en toile attaché au-dessus pour éviter des obstructions

accidentelles. Le tout constituait un frottement considérable. Température 19° (?)

H	n	t	τ	τ × H
		"		
903	111	23	0.20	180.6
—	104	23		
840	99	24.5		
810	94	25	0.27	218.7
787	94	26		
765	94	27		
735	94	28.5		
704	92	29.5	0.32	225.2
650	93	32.5		
545	93	39		
417	91.5	51		
342	94.5	65		
303	95	73		
266	95	84	0.88	233.08
209	94	105		
152	98.5	150	1.52	231.04
123	101.5	192	1.89	232.47
74	103.0	345	3.30	244.20

Tableau XIII

Tube 7. Autre série, le lendemain, après avoir démonté le capillaire pour le nettoyage, et avoir changé un peu les conditions du frottement à l'intérieur du canal.

H	n	t
		"
1300	106	23.5
1220	99	26
1160	93	—
1045	94	30
1010	93	31
175	102	632
97	104	945

Entre H = 1010 et H = 740, on a trouvé des n variant entre 93 et 95.

TABLEAU XIV

Tube 8. Température 10°.5

H	n	t
Valeurs décroissantes, non notées.	95	25
	95	32
	97	36.5
	99	44
	99	51
	99	60
	105	89
	103	105

Les tableaux suivants sont relatifs au benzène :

TABLEAU XV

Tube *g*. (*n* est compté sur 1 cc. pour le benzène). Température 17°.

1re série				*2me série*		
H	*n*	*t*	τ	H	*n*	*t*
189	66	17	0.26	204	70	15
163	60	18.5		183	65	17
147	54	20.5		163	59	18.5
127	50	23		142	54	21.5
116	48	26		121	49	24.5
95	47	30		100	48	29
81	48	37		80	47	35.5
65	46	44		59	46	48
49	46	56		37	46	73.5
37	46	75	1.6			

Au-dessus de H = 255, filet à veine droite ; vers 260, chapelet ; vers 200, rupture du chapelet par de grosses gouttes dont la queue se segmente et s'égrène tandis que la base de la goutte reste adhérente au tube. A 189, le liquide grimpe davantage autour des parois ; dès 210, la base des gouttes tombe aussi et elles se succèdent à intervalles réguliers. Vers 60 on ne voit plus de liquide autour des parois.

TABLEAU XVI

Benzène. — Tube 1. Débit ralenti par la superposition d'un autre tube. Température 16°.

1re série			*2me série*		
H	*n*	*t*	H	*n*	t
276	48	30	534	46	40
257	47	35.5	483	46	74
204	47	45	452	46	72.5
189	47	65	178	48	144
			162	46	205
			147	46	245

TABLEAU XVII

Benzène. Tube 1.

1re série			*2me série*		
H	*n*	*t*	H	*n*	*t*
336	80	19.5	321	79	21
316	77	20.5	295	73	23
295	71	22	274	69	24
274	70	24	253	63	26
253	62	25	212	56	30
233	57	27	192	54	33
212	56	30.5	129	52	48
192	54	33	47	52	138
171	53	37.5			
150	52.5	42			
129	52	48			
108	52	57			
88	52	70			
47	52	140			

Au début, veine rigide; vers H = 404, veine très agitée, Grosses gouttes à queue à 350; régulièrement espacees dès 344; jusque vers 260 c'est la partie inférieure seulement de la goutte qui se détache avec la queue, laissant suspendue une forte portion de la goutte (ménisque très fort).

Tableau XVIII

Benzène. Tube *f*. Température 19°.

1re série			*2me série*		
H	*n*	*t*	H	*n*	*t*
118	105	32	129	104	32.5
113	95	35.5	114	93	36
88	94	40	98	90	39.5
73	96	48	83	93	47
57	97	60	67	95	57
42	100	87	52	99	75
			39	102	105

Simple veine jusqu'à H = 176, puis gouttes le long de la veine, dès 176; elles deviennent régulièrement espacées à partir de 150 environ.

3me série

H	*n*	*t*	τ
150	107	33	0.3
134	93	35	
119	92	37	0.4
114	94	46	
88	96.5	54	
68	98	68.5	
47	103	107	1.0

4me série

On a ralenti considérablement le débit du tube *f* par obstruction, et trouvé :

H	*n*	*t*	τ
119	132	330	2.5
94	132	440	3.3

Ces chiffres montrent que le nombre *n* peut être rendu notablement plus élevé qu'il ne l'était à la fin de la 3me série pour H = 47. Comme il ne varie plus entre H = 119 et H = 94, il est probable que 132 est le maximum pour *n*.

Tableau XIX

En vue des conclusions sur les gouttes dynamiques nous avons refait un assez grand nombre de *pesées* de

gouttes de durées de formation moyennes. Ces pesées fournissent un élément de transition entre les gouttes dynamiques et les gouttes statiques. Les liquides employés furent le *bromure d'éthylène* et le *benzène*, fort différents l'un de l'autre au point de vue de leurs constantes physico-chimiques. Pour le bromure d'éthylène nous avons pesé chaque fois 6 gouttes dont une *complète* et cinq *tombées* (voir page 364 de notre mémoire de 1901, *loc. cit.*), pour le benzène 5 gouttes dont une complète et quatre tombées. Le tube employé était le tube *g*.

Bromure d'éthylène.

1re série

Température °	Durée de formation	Poids de 6 gouttes
22.7	3.4	0.1505
22.6	4.0	0.1497
22.6	6.5	0.1459
22.5	6.7	0.1454
22.7	20.0	0.1453
22.7	23.0	0.1467

2me série

Température °	Durée de formation	Poids de 6 gouttes
22.6	4.5	0.1501
23.0	5.0	0.1500
22.3	5.0	0.1519
22.1	5.1	[0.1543]
22.5	6.0	0.1469
22.6	7.0	0.1464
22.5	8.0	0.1467
21.8	14.5	0.1476
21.6	15.0	0.1475

3me série

Température	Durée	Poids de 6 gouttes
20.6	5.3	0.1499
20.2	79	0.1447
20.2	98	0.1474
20.5	107	0.1453

Benzène.

Température	Durée	Poids de 5 gouttes
21.8	6	0.0998
21.3	12	0.0970
21.0	17	0.0975
20.5	40	0.0962
20.5	92	0.0949
20.0	96	0.0932
20.3	129	0.0959

On constate dans ces séries qu'abstraction faite des variations accidentelles causées par la difficulté des pesées et par les légères différences de température, les poids décroissent très sensiblement à mesure que la durée de formation τ d'une goutte augmente.

Conclusions relatives aux gouttes dynamiques

L'étude des tableaux précédents conduit aux constatations que voici :

1° Lorsqu'il s'agit de tubes cylindriques dont le diamètre extérieur (mesuré dans le plan de l'orifice) est inférieur à 2 mm. environ, le nombre n décroit d'abord très rapidement à partir d'une distance H où la veine liquide, après quelques perturbations, fait place à une succession régulière de gouttes distinctes, jusqu'à une autre distance pour laquelle n est minimum. Le niveau supérieur continuant à baisser, le nombre n recommence à augmenter, d'abord assez rapidement, puis reste stationnaire dans les limites de précision des expériences.

2° Si le tube est légèrement conique, le minimum est encore plus nettement accentué.

3° Avec des tubes cylindriques de diamètres supé-

rieurs à 2 mm. on n'a jamais constaté de minimum sur *n*. Ce nombre décroit d'abord très rapidement, puis plus lentement, et semble enfin rester stationnaire, avec de légères oscillations, de l'ordre des erreurs d'observation.

4° Cependant si l'on se reporte aux résultats obtenus par la pesée de gouttes de durées de formation moyennes, issues de tubes de cette dernière catégorie, on verra que les poids continuent à diminuer graduellement, quoique légèrement, pour des durées de formation τ plus longues que celles auxquelles nous avons dû nous arrêter dans les expériences où nous comptions les nombres *n*. Cela résulte soit de notre tableau XIX, soit des chiffres obtenus par divers auteurs. Il faut en conclure que la constance du nombre *n* après la période décroissante, dans les tableaux VI par exemple, n'est qu'apparente. Si l'on avait opéré sur des portions de liquide plus grandes que 2 cc. donnant par conséquent des nombres *n* plus élevés, ou si l'on avait pu compter des nombres *n* fractionnaires, on aurait trouvé l'indice d'un maximum, mais d'un maximum beaucoup moins accusé que celui qu'on observe dans les tubes de petits diamètres.

5° On peut donc dire que d'une façon générale la courbe des poids en fonction des durées de formation présente un maximum à partir duquel la décroissance est d'autant plus brusque que le diamètre extérieur du tube est plus faible. Après s'être abaissée, la courbe se termine très sensiblement par une parallèle à l'axe des durées, de telle façon que le poids peut être consi-

déré comme pratiquement constant à partir d'une durée de formation suffisamment longue, cette durée pouvant varier de 15 à 45″ suivant les liquides.

6° Si, conservant le même tube capillaire, on diminue le débit soit en y introduisant une courte paille de verre, soit en entravant la rentrée de l'air dans la partie supérieure de la burette, les diverses hauteurs H ne correspondent plus aux mêmes *n* qu'auparavant tandis que les mêmes *t* ramènent toujours les mêmes *n*.

Ainsi les tableaux XV et XVI[1] montrent qu'avec un tube on a obtenu

H	*n*	*t*	τ
37 mm	46	75″	1″,63

et avec le même tube, en diminuant son débit :

183 mm	46	74″	1″,61

Le minimum sur n *sera donc caractérisé par une valeur fixe de* t, *plutôt que par H, qui varie suivant les résistances de frottement ou de pression atmosphérique.*

7° Il était intéressant de comparer les résultats obtenus par M. Rosset avec les chiffres de nos tableaux.

a) Ceux-ci *confirment tout à fait l'existence d'un maximum* dans les poids des gouttes. Ayant compté les *nombres* nous trouvons naturellement des minima où M. Rosset trouvait des *maxima*[2].

[1] Voir aussi la remarque faite au tableau VIII.

[2] Lebaigue avait trouvé que l'augmentation de la hauteur du liquide dans un tube diminuait le poids des gouttes. (*Journal de pharmacie et de chimie.* T. VII, p. 89, 1868). Il serait aisé de démontrer que cette constatation qui semblait paradoxale à côté des résultat de Hagen et de Guthrie, s'explique par l'existence du maximum.

b) M. Rosset avait énoncé que le produit de la durée d'égouttement par la pression correspondante était sensiblement constant, mais d'après ses propres chiffres on pouvait déjà voir que le degré d'approximation de cette loi était très grossier.

Nous avons calculé dans nos tableaux V, VII et XII les produits ($H \times \tau$) et l'on voit que ***le produit de la durée par la pression s'accroit considérablement à mesure que la pression diminue.*** Mais comme il est difficile de connaître la pression réelle (H-h) efficace à la sortie de l'orifice, indépendamment de la fraction h de la colonne de liquide employée à vaincre les résistances de frottement à travers le canal capillaire, nous ne pouvons pas attacher grande importance à la vérification de la constance du produit ($H \times \tau$), d'autant plus que, même en employant un vase de Mariotte comme le faisait M. Rosset, on n'est pas entièrement à l'abri des erreurs sur H dues aux frottements. En effet, comme nous l'avons vu plus haut (p. 165) on peut obtenir des durées très différentes avec la même pression brute H, si l'on fait varier le frottement au-dessus de l'orifice.

8° La comparaison des tableaux VI et VII montre que, toutes choses égales d'ailleurs, une élévation de température augmente la vitesse d'écoulement et diminue la durée de formation. A des mêmes valeurs de H correspondent des valeurs de n qui sont plus fortes lorsque la température est de 19° que lorsqu'elle est de 13°,5. Autrement dit : *à pressions apparentes égales, le poids de la goutte diminue quand la température augmente.*

Frankenheim avait déjà fait la même remarque [1], lorsqu'il écrivait que l'influence de l'élévation de température sur le poids dépendait de la vitesse d'écoulement, et que d'insignifiante qu'elle était d'abord pour un écoulement très lent, elle se faisait d'autant plus sentir que l'écoulement devenait plus rapide. Or, nos tableaux VI et VII montrent bien aussi que l'*influence de la température devient de plus en plus forte à mesure que H croît et que la durée de formation se trouve être plus courte.*

9° Pour des vitesses d'écoulement décroissantes, le liquide, à partir du moment où la veine se résout en gouttes jusqu'à celui où le poids de la goutte ne varie plus, présente une succession de formes caractéristiques que nous avons décrites en détail. Il est à remarquer que la goutte varie de poids d'une manière très sensible tant que se produit une queue ou un mamelon à sa partie inférieure et que la variation de poids devient de moins en moins apparente à mesure que les déformations causées par l'effet dynamique sur la membrane superficielle de la goutte en formation deviennent moins visibles.

10° Nous avons pu constater que les formes et les poids suivent une allure très semblable dans le cas de l'*eau* comme dans le cas de *benzène*, malgré la dissemblance de ces deux liquides à d'autres égards. Nous réservons cependant la possibilité de l'existence d'autres formes pour tels liquides que nous n'avons pas étudiés. A propos de la similitude de formes de gouttes

[1] Frankenheim. Die Lehre der Cohäsion. Breslau 1835, p. 99.

de liquides différents, rappelons que Dupré[1] admettait que l'on peut obtenir des gouttes de formes semblables avec deux liquides différents, à condition de faire varier légèrement le diamètre du tube employé suivant la densité et la tension superficielle du liquide. Mais M. Worthington[2] à fait remarquer que même en faisant varier le diamètre d'une façon appropriée on n'arriverait jamais à obtenir la similitude complète, parceque pour des liquides différents, les dimensions du ménisque qui reste attaché au tube après la chute ne sont pas toujours proportionnelles aux autres dimensions de la goutte. L'identité de formes des gouttes de benzène et d'eau ne pourra donc pas être *absolue*, à plus forte raison s'il s'agit toujours du même tube et de gouttes dynamiques.

La première partie que nous terminons ici nous semble avoir apporté quelques documents nouveaux pour l'histoire de l'écoulement des liquides par les tubes capillaires, et avoir précisé d'autres points jusqu'ici insuffisamment établis.

De ces résultats d'ordre descriptif ou documentaire nous pouvons dégager une conséquence pour la théorie : *Les effets dynamiques qui se produisent sur le liquide à la sortie du tube à écoulement ont sur le poids des gouttes une influence si marquée que toute théorie de l'égouttement sera insuffisante si elle ne tient pas compte de l'effet dynamique.*

La loi de Tate sous sa forme classique $P = 2\pi r\gamma$ *ne saurait donc être générale.*

[1] *Ann. Chim. et Phys.*, 4e sér., t. IX, p, 345 (1866).

[2] *Proceedings Royal Society London.* T. 32, p 365, note (1881).

Dans une seconde partie nous allons chercher ce qu'il advient quand on s'en tient uniquement aux *gouttes statiques*, c'est-à-dire lorsqu'on supprime tout effet dynamique d'écoulement.

IIme PARTIE

GOUTTES STATIQUES

CHAPITRE PREMIER

Formes.

Les figures publiées par M. Lenard se rapportent à peu près toutes aux formes qu'ont les gouttes *après* leur détachement. Une seule d'entre elles représente une goutte encore suspendue à l'extrémité d'un ligament très pointu, rappelant la pointe d'un crayon.

Les photographies de M. Lansiaux sont analogues à celles de M. Lenard. Malheureusement un très petit nombre en sont reproduites dans la *Revue suisse de photographie*[1], et les figures n'en sont pas des plus nettes.

M. Worthington[2] a donné des profils de gouttes suspendues sous des tubes de divers diamètres, profils obtenus en projetant la silhouette même des gouttes sur un écran afin de l'agrandir et de pouvoir en tracer les contours avec un crayon. Mais l'auteur déclare n'avoir jamais pu obtenir de tracé correspondant au

[1] *Loc. cit.* — M. Lansiaux avait envoyé pour un concours de photographie instantanée un nombre plus grand de figures, parmi lesquelles la *Revue* a fait un choix.

[2] *Proceedings Royal Society London.* T. 32, p. 362 (1881).

moment où le détachement va se produire, à cause de la rapidité des changements de formes du liquide.

D'une phrase que M. Worthington a écrite dans une note ultérieure[1], il résulterait que cet auteur n'a pas trouvé dans la photographie des gouttes plus de précision que dans le simple tracé de leurs contours sur un écran.

Les clichés *cinématographiques* que nous devons à MM. Lumière paraissent donc remplir un desideratum en ce sens qu'ils fournissent des images de la *goutte statique* dans les phases successives qui précèdent son détachement. On y voit aussi quelles formes présente le liquide à l'instant où la goutte se détache et enfin les images de celle-ci durant les premiers instants de sa chute libre.

Les gouttes cinématographiées se formaient à l'extrémité d'un tube cylindrique dont le diamètre extérieur était de 3mm17 (le tube *g* qui, dans notre 1er mémoire, a servi à nos 3e et 4e séries). Ce tube était alimenté par un entonnoir capillaire à très faible débit afin d'assurer une longue durée de formation (voir notre mémoire loc. cit., p. 363). Le tout était placé dans une caisse vitrée dont l'intérieur était saturé des vapeurs du liquide employé. Un éclairage électrique avait l'avantage de donner contre les surfaces du liquide de petites images réfléchies de la lampe. Ces images accusent par des points blancs sur les photographies l'existence des courbures diverses de la goutte. Ces « réflexes » ont été utilisés déjà par M. Lenard[2] pour caractériser les

[1] *Philosophical Magazine*. T. 19, p. 46 (1885).
[2] *Wied Ann.* T. XXX, p. 222 (1887).

phases des vibrations d'une goutte pendant sa chute.

Nous allons donner l'analyse détaillée des bandes cinématographiques relatives aux gouttes de formation lente. La planche IV reproduit en phototypie les clichés les plus caractéristiques de chaque bande. Les figures réunies par des crochets sont tirées de clichés qui se succèdent immédiatement sur la bande. Ceux qui sont en dehors des crochets ont été choisis isolément en divers points de la bande.

Description des bandes.

Bande I. — Benzène. Température 22°.

Sur cette bande on observe quatre chutes de gouttes. La première au temps 2″9, la deuxième au temps 9″2, la troisième au temps 15″8, la quatrième au temps 22″5. La durée moyenne de formation d'une goutte était donc de 6″,5 environ.

Il y a 167 clichés entre la première et la deuxième chute, 174 entre la deuxième et la troisième et 181 entre la troisième et la quatrième. L'intervalle de temps moyen qui sépare deux clichés est donc de 0″,37 environ.

Ce n'est qu'au 32e cliché avant celui où l'on voit la chute, que se manifeste l'existence de deux réflexes accolés. Dans les clichés antérieurs, on ne voit qu'un seul réflexe de plus en plus allongé. Au 5e cliché avant la chute, on voit deux réflexes formant un « huit de chiffre. » Ce n'est qu'au 3e cliché avant la chute que les deux réflexes se séparent complètement.

Nous avons fait agrandir un certain nombre de cli-

chés tirés de cette bande n° 1 pour bien montrer les réflexes. Ils figurent en tête de la planche et en voici le détail :

Fig. 1 *a*, est le 6ᵉ cliché avant celui où la goutte se détache.
b, est le 5ᵉ (réflexes « en huit de chiffre »).
c, est le 4ᵐᵉ » »
d, est le 3ᵉ (2 réflexes séparés).
e, est le 2ᵉ.
f, est le premier avant le détachement.
g, représente la goutte à l'instant du détachement.
h, la goutte a déjà parcouru un court espace en chute libre, on aperçoit sa trace allongée au bas de la figure.
i, figure isolée, montrant la forme de la goutte au 63ᵉ cliché après la chute.
j et *k*, deux clichés relatifs à la 2ᵉ des quatre chutes (la forme *j* est le stade qui précède la forme *g*, et *k* équivaut à peu près à *h*).

Les deux dernières chutes n'ont pas présenté de formes plus caractéristiques. Les agrandissements n'ayant pas fourni des contours aussi nets que les négatifs primitifs ou que leur projection directe sur papier sensibilisé, nous nous sommes dispensés d'agrandir les autres bandes.

Bande 2. — Benzène. Tempér. 30°.

Voici les clichés qui sont reproduits :

Fig. 2, *a*	Le 76ᵉ	avant	la chute	temps	15ˢ.6
b	50ᵉ	»	»	»	17.0
c	25ᵉ	»	»	»	18.2
d	8ᵉ	»	»	»	19.3
e	3ᵉ	»	»	»	19.5
f	2ᵉ	»	»	»	19.7
g	1ᵉʳ	»	»	»	19.8
h	représente la chute			»	20.0
i	1ᵉʳ après la chute			»	20.2

Le déroulement pendant la pose n'était pas très rapide, aussi dans la fig. *h* l'image de la goutte est allongée dans le sens vertical, celle-ci s'étant déplacée pendant la pose.

Sur le cliché même, on voyait aussi une petite gouttelette résultant de la rupture du ligament. Ce n'est qu'à partir de la 9e figure avant la chute que l'on distingue deux réflexes séparés. Les clichés précédents montrent des réflexes uniques, de moins en moins allongés à mesure qu'on s'écarte du 9e cliché.

La même bande offre des clichés relatifs à une autre chute ; les contours de la nouvelle goutte se superposent exactement à ceux de la première, aussi n'avons-nous pas jugé nécessaire de la reproduire.

D'après M. Perrigot, les gouttes avaient une durée de formation de 41",4.

Bande 4. — Benzène. Durée de formation des gouttes : 41",4.

Sur toute l'étendue de la bande, on ne trouve aucune chute de goutte. Clichés très nets, réflexes très bien marqués. On a reproduit six clichés grâce auxquels on peut se rendre compte de l'accroissement graduel du volume de la goutte.

Fig. 4, *a*	Le 7e	à partir du commencement	de la bande,	temps	″ 45.0
b	75e	»	»	»	48.7
c	130e	»	»	»	51.6
d	155e	»	»	»	53.0
e	175e	»	»	»	54.0
f	200e	»	»	»	54.8

Bande 5. — Benzène. Tempér. : 36°.

Cette bande renferme les clichés de deux chutes de gouttes précédées chacune d'une longue suite de clichés sur lesquels on voit la goutte se former très lentement. Pour donner une idée du grossissement de la goutte, on a reproduit le 175e cliché compté avant la chute (fig. *m*) : le 94e (fig. *l*), temps 37",7 ; le 75e (fig. *k*), temps 38",7 ; le 51e (fig. *j*), temps 39",9 ; le 35e (fig. *i*), temps 40",7 ; le 10e (fig. *h*), temps 41", 8.

On remarque que l'allongement de la goutte est très peu sensible entre le 175e et le 10e cliché avant la chute. Le réflexe s'allonge cependant graduellement puis se sépare en deux. Si l'on remontait au-delà du 175e cliché, on en compterait encore de nombreux avant d'approcher d'une chute précédente qui, du reste, n'existe pas sur la bande.

Il y a, représentés avant le 10e cliché, les clichés suivants qui sont les plus caractéristiques :

Le 3e	avant la chute,	fig. *g*,	temps	42″.2
2e	»	» fig. *f*.		
1er	»	» fig. *e*.		

Le détachement de la goutte se voit sur la fig. *d*, temps 42″,3. Cette figure est malheureusement très pâle. Puis viennent trois derniers clichés représentés, savoir :

Le 1er	qui suit la chute,	fig. *c*.
2e	»	» fig. *b*.
3e	»	» fig. *a*.

En continuant le déroulement de la bande on rencontre une chute subséquente, offrant exactement les mêmes apparences que la première, aussi ne l'avons-nous pas fait reproduire.

Durée de formation, 51″.

Bande 6. — Aniline. Tempér. : 34°.

On a reproduit :

Fig. 6,	*h*.	75e	cliché avant une chute.		Temps	″
	g,	51e	»	»	»	22.0
	f,	20e	»	»	»	23.7
	e,	3e	»	»	»	24.5
	d,	2e	»	»	»	24.6
	c,	1er	»	»	»	24.7
	b,	ce cliché repr. la goutte se détach.				24.8
	a,	1er cliché après la chute				24.9
	i,	15e cliché après la chute				25.6

Sur cette bande sont photographiées deux chutes avec une interruption de déroulement entre deux.

Le déroulement était assez rapide, on voit certaines images doublées. Durée de formation : 49″,3.

Bande 3. — Benzène.

Déroulement pas très rapide pendant la pose. Cette bande donnait des images ressemblant à celles de la bande 1. Sur certains clichés pris à l'instant du détachement, on voyait la gouttelette secondaire engendrée par le ligament. Aucun cliché n'en a été reproduit. Durée de formation : 53".

Bande 9. — Benzène. Tempér. : 27°.

Sont reproduits les clichés suivants :

Fig. 9, *a*	Le 250e	avant une chute.	Temps	44".4
b	200e	»	»	46.2
c	150e	»	»	48.0
d	103e	»	»	48.9
e	51e	»	»	51.5
f	2	»	»	—
g	1er	»	»	—
h	Représente une chute au temps			53.2
i	1er après cette chute			—

Cette bande, d'un déroulement rapide pendant la pose, a fourni des images très intéressantes. Grâce à la trépidation du cinématographe, il y a eu deux poses superposées sur le même cliché à un intervalle de temps extrêmement court durant lequel la goutte détachée a parcouru une distance de quelques millimètres. Aussi sur la figure *h*, on voit cette goutte dans les deux phases de sa vibration elliptique. Dans la position supérieure, l'axe de l'ellipsoïde est horizontal, dans l'inférieur il est vertical. Le même fait se reproduit sur les clichés de deux autres chutes prises sur la même bande, aux fig. *j*, *k* et *l*. Sur *l* on voit la goutte encore suspendue à un fil, puis la même détachée, légèrement au dessous. Les trépidations du cinématographe n'avaient pas assez d'amplitude pour fausser les proportions des gouttes dans les clichés concernant leur grossissement et leur allongement. Il y avait plutôt super-

position de deux images décalées l'une par rapport à l'autre, mais faciles à distinguer[1].

Durée de formation 48".

Bande 10. — Benzène. Tempér. : 27°.

On a reproduit les clichés voisins de deux chutes :

Fig. 10.	*a*	3e cliché avant une chute	Temps.	62.2
	b	2e » »	»	—
	c	1er » »	»	—
	d	détachement de la goutte		—
	e	1er cliché après la chute		—
	f	2me »		62.4
Fig. 10,	*g*	3me cliché avant une autre chute.		40.8
	h	1er » »		—
	i	La goutte est presque détachée.		—
	j	1er cliché après la chute.		—
	k	2e » »		41.0

Déroulement extrêmement rapide, images doublées presque partout. Durée de formation : 48".

Bande 11. — Aniline. Tempér. moyenne : 25°.

Pendant la pose le cinématographe marchait à une allure très rapide, d'où des vibrations, non pas dans la goutte mais dans la bande, et superposition de deux images sur presque tous les clichés. Aussi n'avons-nous conservé pour la reproduction que les figures voisines de trois chutes de gouttes. La bande ne renfermait pas moins de 850 clichés, avec de fréquentes interruptions dans le déroulement, ce qui fait que les temps au chronographe sont inutiles à noter.

[1] Au sujet du doublement de l'image sur le même cliché, M. Perrigot nous a écrit : « Le doublement des images provient du déplacement de la bande pendant la photographie ainsi que du déplacement de l'appareil... On obtient ainsi deux images qui sont décalées l'une par rapport à l'autre soit en hauteur soit en largeur, mais ce sont toujours deux photographies prises à des temps différents mais très rapprochés, et le décalage est le même pour tous les différents points d'une même vue photographique ».

Nous avons reproduit les clichés de trois chutes avec les clichés immédiatement voisins : fig. 11, *a*, *b*, *c*, *d*, fig. 11, *e*, *f*, *g*, *h*, et fig. 11, *i*, *j*, *k*, *l*. Durée de formation : 34",7. Ça et là, dans cette bande, on peut saisir des formes intéressantes de gouttes allongées, prêtes à se détacher et l'on peut remarquer que dans les clichés doublés où l'on voit sur une des images la goutte déjà détachée, l'autre image montre un ligament encore assez épais quoique allongé. Ce ligament épais se retrouve aussi parfois avec le benzène, mais avec l'aniline nous n'avons point trouvé de cliché où la goutte eût la forme en fine *pointe de crayon*.

En projetant certains clichés de nos bandes (en particulier de la bande n° 1), nous avons pu fixer sur papier sensibilisé leurs images positives agrandies. Nous avons choisi une série de 8 de ces épreuves qui caractérisent les formes successives que prend le liquide au sortir du tube cylindrique *g*, de $3^{mm}17$, et qui se retrouvent plusieurs fois sur presque toutes les bandes. Nous avons calqué les contours de la goutte sur les épreuves et les avons reproduits en les alignant sur un cliché en zincotypie. (Voir page 178 bis).

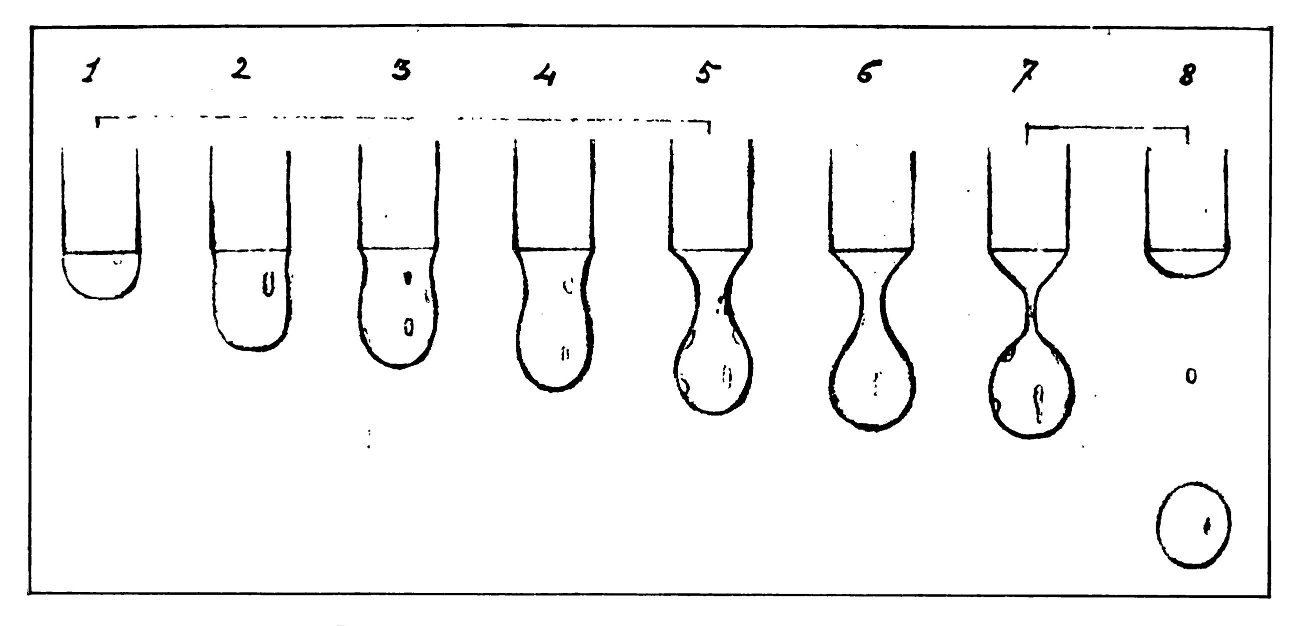
Malgré leur apparence schématique, les figures 1 à 8 sont donc bien conformes à la réalité. La figure 6 est relative à l'aniline, toutes les autres au benzène. La fig. 8 a été obtenue en complétant l'un par l'autre deux clichés relatifs à une même phase.

Les clichés des figures 3, 4, 5, 7 et 8 se succédaient immédiatement l'un à l'autre tandis que entre la fig. 2 et la fig. 3 il y avait 27 clichés sur l'une des bandes, et entre la fig. 1 et la fig. 2 environ 50 clichés. Il se passe donc un temps relativement très long (le temps du déroulement d'environ 110 clichés) à partir de la chute de la goutte précédente jusqu'à ce que le

liquide atteigne le volume et la forme qu'il a dans la fig. 2. A partir du moment où cette forme est acquise, une double courbure va se manifester clairement par la séparation en deux réflexes du réflexe unique allongé. Le réflexe supérieur dénote l'existence d'un volume de révolution à peu près tronc-conique, qui est appliqué contre la section droite du tube. Le réflexe inférieur caractérise la portion de goutte renflée en sac qui se détachera plus tard. Dès après la séparation des réflexes, le liquide va s'étranglant rapidement entre la portion en tronc de cône et la portion en sac; les deux portions se raccordent par des surfaces de révolutions assez gracieuses (fig. 5). En même temps l'ensemble de la goutte s'allonge en s'avançant de haut en bas et présente la forme en « pointe de crayon » déjà donnée par M. Lenard[1], immédiatement après laquelle a lieu la rupture du ligament. Cette rupture doit s'effectuer en deux points, car le ligament se résout en une gouttelette; la masse principale tombe en vibrant elliptiquement comme si le liquide s'était rompu à la façon d'un resssort, et une dernière portion se retire contre la section du tube, où elle prend la forme d'un *ménisque* convexe.

Dans le mémoire auquel nous avons fait allusion plus haut (p. 169) M. Worthington a essayé d'indiquer par un trait court placé sous l'image de la goutte, la profondeur maxima que l'extrémité inférieure de celle-ci atteint à l'instant où la rupture a lieu. Il remarque que cette profondeur varie très peu avec les tubes, et l'on voit

[1] On trouvera les profils des figures de Lenard reproduites dans *Archives*, T. XI. planche IV (1901).



PROFILS CINÉMATOGRAPHIQUES DE GOUTTES STATIQUES (voir p. 177).

sur ses figures (pl. VII, loc. cit.) que le trait court est placé très peu au-dessous du profil ombré qui correspond à la forme limite de stabilité de la goutte. Remarquons que notre fig. 3 (p. 178 bis) ressemble très exactement à la fig. ombrée d'un tube de $0^{cm}.448$. Si l'on tient compte de la proportion entre les figures de la planche de M. Worthington et les nôtres, il en résulterait que la rupture devrait se faire lorsque la goutte aurait acquis une longueur intermédiaire entre celle qu'elle a sur nos fig. 3 et 4; tandis que nos photographies montrent indubitablement que la goutte avance encore vers le bas, jusqu'à acquérir la longueur qu'elle a dans notre figure 7, où elle va se détacher.

D'après le trait court de M. Worthington, le quotient du diamètre du tube ($4^{mm}48$), par la profondeur maxima serait de 0,71, tandis que nos photographies montrent que ce rapport est de 0,43, le tube étant de $3^{mm}17$[1].

[1] Les illusions rétiniennes empêchent sans doute de fixer exactement sur un écran, par un trait, la position du pôle inférieur de la goutte à l'instant de son détachement. Il en résulte que la constance approximative de cette position pour tous les tubes signalée par M. Worthington, ne peut être admise qu'avec réserves. On peut remarquer en outre que la position assignée par M. Worthington à la goutte au moment de la rupture exclut la possibilité d'un étranglement quelque peu prononcé, car elle ne laisserait pas place dans le sens vertical pour un ligament un peu long. D'après ses figures, l'auteur se trouverait donc forcé d'admettre que la rupture s'effectue suivant un véritable cercle de gorge dont le diamètre ne serait pas très inférieur à celui du tube.

En outre il dit (p. 369) que « la séparation de la goutte est attribuable au fait que la surface devient instable pour de petites oscillations, bien plutôt qu'au fait que la cohésion soit à proprement parler vaincue par la force de gravité; le clivage de la

CHAPITRE DEUXIÈME

Poids.

Pour ce qui concerne les *poids* des *gouttes statiques*, nous renvoyons le lecteur à notre premier mémoire dans lequel nous avons étudié leurs poids par quatre méthodes différentes.

Le seul point sur lequel il est utile d'insister ici concerne l'influence de l'air sur la tension superficielle ; de nombreux auteurs ont prétendu et prétendent encore que la simple dissolution de l'air dans le liquide, et notamment dans le voisinage de la surface, peut modifier considérablement la tension superficielle ; même dans le cas où il n'y aurait pas d'air dissous dans le liquide, le seul fait que l'air ambiant, bien que saturé de vapeur du liquide, constitue un milieu différent

goutte est analogue au clivage de l'onduloïde étudié par M. Plateau ».

Ce terme de *clivage* appliqué au mode de détachement de la goutte, semble exclure de la pensée de l'auteur des formes en pointe de crayon comme celles fixées péremptoirement par les photographies de MM. Lenard, Lansiaux et Lumière. M. Worthington considérerait donc que la rupture a lieu suivant un plan circonscrit par les points où la tension capillaire de la surface se trouve rompue par l'action de petites oscillations. Ces oscillations provoqueraient comme une déchirure de la couche superficielle, parce qu'en ces points la tension passe par zéro et devient négative.

M. Worthington a bien soin de faire observer toutefois, qu'il n'y a pas là une solution de continuité dans le liquide, qui puisse influer sur la séparation de la goutte, et qu'il n'y a aucune raison de supposer que la petite pression négative observée à la base de la goutte (vers le cercle de gorge) représente une limite de la cohésion, laquelle, dit-il, est probablement très grande (p. 369).

de la vapeur saturée ***dans le vide***, a été invoqué comme une cause suffisante pour fausser les mesures de tensions superficielles effectuées dans l'air. Dans ces conditions et s'il en était réellement ainsi, on pourrait faire à nos mesures sur le poids des gouttes cette objection : qu'étant effectuées dans l'air, il n'y a pas lieu de s'étonner que les valeurs des tensions superficielles qu'on peut en déduire ne concordent qu'imparfaitement avec celles fournies par les mesures d'ascensions capillaires dans le vide avec le dispositif de MM. Ramsay et Schields.

Nous croyons donc intéressant de signaler dès maintenant un fait nouveau constaté à la suite de recherches entreprises dans ce laboratoire par l'un de nous en collaboration avec M. Renard[1], à savoir que si l'on excepte les cas où l'action chimique de l'air est indubitable (hygroscopicité, oxydation, etc.), les mesures d'ascensions capillaires dans le vide et dans l'air donnent des résultats qui concordent entre eux avec une précision égale à celle que l'on observe entre les mesures d'ascensions capillaires dans le vide effectuées par des observateurs différents ou par un même observateur sur des échantillons différents.

Les observations, assez nombreuses, qui justifient cette constatation seront publiées ultérieurement in extenso. Mais dès maintenant on peut en conclure que l'objection formulée plus haut ne tient pas devant l'expérience, et que par conséquent le désaccord observé entre les tensions superficielles mesurées par ascensions

[1] Comptes rendus Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, séance du 8 janvier 1903 (*Archives*). Tome XV (1903).

capillaires dans le vide et celles calculées par le poids des gouttes statiques est certainement dû à une autre cause qu'à la dissolution d'air à la surface du liquide. Cette conclusion est d'autant plus justifiée que dans nos expériences antérieures sur le poids des gouttes statiques, celles-ci se formaient dans l'air, en vase clos contenant lui-même du liquide, par conséquent dans une atmosphère saturée de vapeurs du corps étudié. Or, c'est précisément dans les mêmes conditions qu'ont été effectuées les mesures d'ascensions capillaires dans l'air, encore inédites, auxquelles nous nous reportons.

CONCLUSIONS

Comme nous le disions au début de ce mémoire, nous tenons à nous borner pour le moment à la description des faits observés par nous dans leurs détails et à la comparaison tout objective de quelques-uns d'entre eux avec les résultats d'autres auteurs. Toutefois, au cours de nos recherches, sont venues à notre connaissance les expériences de MM. Leduc et Sacerdote *sur la cohésion des liquides*[1]. Elles ne pouvaient passer inaperçues à cause de leur apparence paradoxale et des conséquences importantes qu'en tiraient leurs auteurs quant à l'ordre de grandeur de la force de cohésion, qui doit être d'après eux plusieurs milliers de fois plus élevée chez les liquides qu'on ne le croyait jusqu'ici. Aussi plusieurs auteurs n'ont-ils pas tardé à contester sinon les faits signalés par MM. Leduc et Sacerdote,

[1] *Journal de Physique*, 4e série. T. I, p. 364 (1902).

du moins l'interprétation qu'ils en ont donnée[1]. Comme ces deux savants ont aussi abordé un point de la théorie des gouttes[2] à propos de leurs résultats sur la cohésion, nous avons adressé nous-mêmes deux notes à l'Académie des Sciences auxquelles nous renvoyons le lecteur[3]. Elles résument notre conviction actuelle sur le sujet, basée à la fois sur les diverses expériences que nous publions dans le présent mémoire et sur nos recherches antérieures, comme aussi sur l'étude approfondie que nous avions faite de nombreux travaux anciens, trop négligés aujourd'hui.

Malheureusement la question se révèle de plus en plus complexe lorsque, quittant les approximations plus ou moins grossières qui avaient donné créance à la loi de Tate, on veut tenter d'établir la relation qui existe entre le poids exact de la goutte d'une part et la tension superficielle et autres constantes d'autre part.

La plus grande prudence s'impose avant une conclusion définitive tant que certaines questions connexes ne sont pas éclaircies. Le rôle de la cohésion à laquelle nous sommes toujours portés[4] à attribuer une importance, sinon très grande, du moins suffisante pour expliquer la non conformité des poids observés avec ceux calculés au moyen des formules classiques demande à être élucidé. Il faudra attendre en particulier que de nouvelles recherches expérimentales soient faites sur la *rigidité* des liquides, sur leur

[1] Voir en particulier *Journal de Physique*. T. I, p. 716 (1902).
[2] *C. R.* T. CXXXV, p. 95 (1902).
[3] *C. R.* T. CXXXV, pp. 458 et 621 (1902). Voir aussi *Archives*. T. XIV, p. 699 (1902).
[4] *Archives*. T. XI, pp. 385 et 388 (1901).

élasticité, et sur les autres propriétés caractérisant l'existence de forces d'attraction entre les molécules *dans l'intérieur de la masse liquide indépendamment de ce qui peut se passer dans la couche superficielle et son voisinage immédiat*. N'est-il pas bien difficile d'admettre logiquement que lorsqu'une masse de liquide se trouve soumise à un effort de traction qui en modifie la forme et en produit l'allongement, des forces superficielles puissent seules entrer en jeu? Il nous paraît bien plutôt que les molécules doivent se déplacer les unes par rapport aux autres dans l'intérieur de la masse et qu'avant et pendant la rupture les forces de cohésion doivent intervenir, contribuant à déterminer aussi bien le volume maximum que la *goutte complète* pourra avoir acquis avant la rupture, que le volume de la portion qui se détachera[1].

Comme résultats généraux, nous pouvons conclure qu'au point de vue des *formes* nos figures font ressortir une certaine *analogie entre le mode de détachement de la goutte, précédé d'un étranglement et d'un étirement, et la rupture des fils métalliques soumis à un effort continu de traction*. Le fil, comme on le sait, diminue de diamètre sur une certaine longueur où l'allongement s'accentue tout à coup, avant que la rupture ait lieu sur un ou plusieurs points de la partie ainsi

[1] Lebaigue exprimait une idée analogue lorsqu'il écrivait : « L'effet de la capillarité est de former la goutte et de la retenir, mais une fois l'action capillaire épuisée, la pesanteur l'emporte sur celle-ci et la goutte s'allonge en colonne cylindrique qui ne tarde pas à se rompre. Dans cette deuxième phase de l'écoulement de la goutte, la cohésion résiste à la pesanteur et la rupture de la veine liquide est la limite de cette résistance. » *Journal de pharmacie et de chimie*, t. VII, p. 87, 1868.

amincie (phénomène de striction). La goutte ne se coupe en tout cas pas suivant un plan limité par un cercle dont le diamètre serait voisin de celui du tube. Le cercle de gorge est une fiction théorique qui à notre avis, doit être définitivement abandonnée.

En effet, à supposer qu'on considère comme *cercle de gorge* le cercle qui correspond à la première manifestation d'une double courbure dans le liquide suspendu sous le tube (réflexe en huit de chiffre, pl. IV, fig. 1, *b*), il faut remarquer qu'à partir de ce premier étranglement du liquide jusqu'au détachement complet de la goutte il y aura une infinité d'autres cercles de gorge allant en décroissant jusqu'à zéro. Le poids de la goutte *tombée* ne correspondra pas à celui du volume de liquide qui existait sous le premier des cercles car pendant la durée de l'étranglement une certaine quantité de liquide aura le temps de passer de la portion supérieure à la portion inférieure de la masse suspendue.

Quant à ce passage du liquide à travers la partie étranglée, M. J.-B. Hannay a insisté tout particulièrement sur son importance, dans une note dont nous n'avons eu connaissance qu'au moment de mettre sous presse [1]. A la suite d'expériences qu'il a faites sur la durée d'existence de la partie étranglée, surtout dans le cas où la goutte d'eau se forme et s'écoule dans de l'huile, l'auteur conclut en ces termes : « Le poids d'une goutte d'eau normale ou infiniment lente est déterminé par sa tension superficielle ; tandis que dans l'égouttement en pratique ce poids est modifié par la vitesse d'écoulement, par la pesanteur, la viscosité du

[1] *Proceed. Roy. Soc.* Edinburgh, 1895, p. 437.

milieu ambiant et par la vitesse de la chute, toutes choses qui affectent la durée d'existence de la partie étranglée (the life-time of the closing neck). »

M. Hannay estime d'ailleurs que la cohésion n'intervient en aucune façon pour déterminer le poids de la goutte.

En tout cas, soit qu'il y ait afflux, à travers l'étranglement, d'un supplément de liquide emprunté au réservoir, soit qu'il y ait seulement répartition, par étirement, du liquide entre le ménisque et la portion qui tombera, cette dernière a dans la fig. 1, *g* (Pl. IV) un volume plus fort que celui de la portion comprise sous le plan des premiers cercles de gorge dans les fig. 1, *b*, *c*.

Si donc nous avons essayé il y a deux ans de calculer les diamètres δ du cercle de gorge au moyen du poids P et de la tension superficielle γ, nous ne pouvons plus aujourd'hui attribuer une valeur réelle à ces diamétres δ[1]. Du reste, notre calcul n'avait d'autre but que de montrer que *même dans l'hypothèse de la formule de Tate*, le diamètre du prétendu cercle devrait varier d'un liquide à un autre pour un même tube.

Quant à la première des lois énoncées par Tate en ces termes : « toutes choses égales d'ailleurs, le poids d'une goutte liquide est proportionnel au diamètre du tube sous lequel elle se forme », MM. Leduc et Sacerdote ont montré qu'elle ne se trouve à peu près conforme aux observations qu'entre certaines limites du diamètre des tubes. En général, plus le diamètre $2r$ est grand, plus le quotient $P : 2r$, qui d'après les conclusions de Tate devrait être constant, diminue (P étant

[1] *Archives*. T. XI, p. 380 (1901).

le poids de la goutte *tombée*). Hagen, Guthrie et Traube avaient déjà fait cette remarque ; il est facile de constater qu'elle ressortirait aussi des chiffres d'un tableau donné par Lebaigue pour les poids de gouttes d'eau tombées de tubes de diamètres croissants.

On pourrait conserver un doute sur les résultats des anciens auteurs et sur ceux de MM. Leduc et Sacerdote par le fait qu'il n'est pas dit qu'ils aient opéré avec des durées de formation suffisamment longues pour avoir été à l'abri des phénomènes dynamiques. Mais dans le tableau que l'on trouve dans la note de Lord Rayleigh[1], qui a pesé des gouttes *statiques* (durée de 50"), on peut constater que le quotient P : $2r$ diminue d'abord à mesure que le diamètre extérieur des tubes augmente. Lorsque le diamètre devient égal à 0.354 inches (9 mm.) P : $2r$ passe par un minimum, puis augmente peu à peu pour des diamètres croissants.

A défaut d'observations faites par nous-mêmes, nous pouvons donc conclure d'après l'ensemble des résultats d'un grand nombre d'auteurs, que *la loi de proportionalité des poids des gouttes aux diamètres des tubes n'est pas plus généralement justifiée que celle de la proportionalité des poids aux tensions superficielles.*

En résumé on peut dire que les observations publiées dans ce mémoire et dans notre précédent montrent que *les lois de Tate ne sont pas des lois générales et que, même dans le cas des gouttes statiques, elles ne représentent qu'une première approximation.*

[1] *Philos. Magazine.* T. XLVIII, p. 324 (1899).

ERRATA

Dans le mémoire de MM. Guye et Perrot, *Archives*, t. XI, 1901 :

Page 233, ligne 13 à partir du bas, au lieu de demi-sphère, lisez : segment sphérique.

Page 236, l'avant-dernier paragraphe est à modifier comme suit : Un second mémoire de Guthrie est consacré à l'étude des poids des gouttes d'un liquide formées dans le sein d'un autre liquide et à celle des bulles...

Pages 240-243. Ce qui est attribué au *second* mémoire de M. Duclaux est relatif au *premier* et vice-versa.

Page 244, ligne 7 à partir du haut, au lieu de 158, lisez 518.

N. B. La bibliographie parue en tête du dit mémoire se trouve être complétée par diverses citations qui viennent d'être faites au cours des pages qui précèdent.

Genève, Laboratoire de Chimie physique de l'Université. 1902.

ÉTUDE

SUR LA

Morphologie et la Biologie de la feuille

CHEZ

L'HERACLEUM SPHONDYLIUM L.

Comportant un examen spécial des faits de dissymétrie et des conclusions systématiques

PAR

John BRIQUET

I. Introduction

Des recherches récentes, exécutées sur les formes de l'*Heracleum Sphondylium* particulières aux Alpes et à l'Europe méridionale, ont attiré notre attention sur les intéressantes variations morphologiques des feuilles dans cette Ombellifère.

Ces modifications morphologiques ont été utilisées par les floristes pour caractériser des variétés, envisagées par plusieurs comme des espèces distinctes. Il semble donc qu'elles devraient être bien connues. Ce n'est pourtant pas le cas ; et on peut dire, d'une façon générale, que les descriptions existantes sont tout à fait insuffisantes pour donner une idée précise de la mor-

phologie foliaire chez l'*Heracleum Sphondylium*. Or, il est impossible de faire une systématique rationnelle de ce groupe sans être parfaitement au clair sur la morphologie de la feuille, laquelle en constitue la base presque exclusive.

La littérature purement morphologique ne fournit pas non plus les données auxquelles on pourrait s'attendre. Irmisch [1], Wydler [2], Rossmann [3], A. Bitter [4], ne mentionnent pas l'*Heracleum Sphondylium* au point de vue foliaire, ou bien s'en tiennent à ce sujet à des généralités sans intérêt. Seul Fermond [5] a consacré plusieurs pages à notre espèce; mais, ainsi qu'il arrive presque toujours pour cet auteur, les faits, relatés en petit nombre et d'une façon incomplète, sont noyés dans une profusion de données spéculatives qui en rend l'intelligence difficile. Fermond s'est d'ailleurs borné à analyser un seul cas concret, alors que l'*H. Sphondylium* présente une grande variété de formes foliaires.

Avant de passer à l'exposé de nos recherches morphologiques, nous croyons utile de donner un tableau synoptique des variétés de l'*H. Sphondylium* que nous

[1] Irmisch, in *Botanische Zeitung* VIII, p. 128 et 129 (1850).

[2] Wydler, in *Flora* XL, p. 209 et suiv. (1853) et XLIII, p. 437 (1860).

[3] Rossmann, Beitrag zur Kenntniss der Spreitenformen bei den Umbelliferen (*Abhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Halle*, vol. VIII, 1864).

[4] Bitter, Vergleichend-morphologische Untersuchungen über die Blattformen der Renunculaceen und Umbelliferen (*Flora* LXXXVIII, p. 281, 1897).

[5] Fermond, Etudes comparées des feuilles dans les trois embranchements végétaux, p. 11-15. Paris 1864.

avons étudiées, de façon à ce que l'emploi des noms que nous serons appelés à faire ne donne lieu à aucune ambiguité.

Tableau synoptique des variétés de l'Heracleum Sphondylium utilisées pour cette étude.

I. Feuilles basilaires pinnatiséquées (au moins en partie), à 5-7 (-9) segments.

1. Segments larges, à lobes ovés-oblongs, brièvement acuminés au sommet.

A. Feuilles densément velues-veloutées à la face inférieure, parfois presque blanches-tomenteuses : var. *granatense* Briq [1].

B. Feuilles faiblement pubescentes et d'un vert pâle à la face inférieure : var *latifolium* Mert. et Koch [2].

2. Segments étroits, à lobes oblongs-lancéolés ou oblongs, longuement atténués-acuminés au sommet : var. *stenophyllum* Gaud [3].

II. Feuilles basilaires palmatiséquées, à 3 segments.

1. Segments larges, à lobes ovés-oblongs, brièvement acuminés au sommet.

A. Feuilles densément velues-veloutées à la face inférieure. parfois presque blanches-tomenteuses ; segment terminal faiblement cordé ou atténué à la base : var. *setosum*. Briq. [4].

B. Feuilles faiblement pubescentes à la face infé-

[1] Synonymes : *H. granatense* Boiss. ; *H. setosum β granatense* Rouy et Camus.

[2] Synonyme : *H. Sphondylium α latilobatum* Neilr.

[3] Synonymes : *H. elegans* All. (non Jacq.) ; *H. angustifolium* Vill. (non Jacq.) ; *H. Sphondylium β angustifolium* Mert. et Koch ; *H. Sphondylium β elegans* DC. (non *H. elegans* Jacq.) ; *H. stenophyllum* Jord. ; *H. flavescens* Bert. (non Bess.).

[4] Synonymes : *H. setosum* Lap. ; *H. Sphondylium* et *trifoliatum* Noul.; *H. Panaces* Bert. p. p. (non L.) ; *H. setosum α genuinum* Rouy et Camus.

rieure (sauf sur les nervures où les poils sont plus longs et plus denses), d'un vert pâle ; segment terminal tronqué-cordé ou cordé à la base : var. *montanum* Schleich [1].

2. Segments étroits, à lobes oblongs-lancéolés, ou lancéolés, longuement atténués-acuminés au sommet : var. *arctifrons* Briq.

II. Morphologie comparée des feuilles chez l'Heracleum Sphondylium.

1. *Différenciation générale des feuilles basilaires.* — Il est indispensable pour l'étude des *Heracleum* d'avoir sous les yeux des échantillons possédant toutes leurs feuilles basilaires, qui seules présentent au complet les caractères morphologiques de l'espèce ou de la variété.

Chez toutes les formes d'*Heracleum*, le raccord entre les feuilles basilaires et le bas de la tige aérienne s'opère par l'intermédiaire d'une large gaîne qui embrasse presqu'entièrement la tige. La gaîne se rétrécit subitement pour laisser émerger un pétiole robuste, concave à la partie supérieure, atteignant souvent et dépassant même parfois la longueur du limbe tout entier.

La limite entre le pétiole et le limbe est déterminée par la première ramification. Au-delà de cette ramification le pétiole se poursuit sous forme de rachis qui aboutit, dans le prolongement du pétiole, à un segment terminal. L'axe du rachis se ramifie latéralement

[1] Synonymes : *H. montanum* Schleich. ; *H. asperum* Mert. et Koch p.p. (non Marsch.-Bieb.); *H. intermedium* Gaud. ; *H. Panaces* DC. (non L.); *Sphondylium Branca γ latifolium* Caruel.

en rachis secondaires (« pétiolules » des ouvrages descriptifs [1]) qui portent les segments latéraux. Les rachis latéraux sont accouplés perpendiculairement au plan de symétrie de la feuille et opposés l'un à l'autre dans chaque couple. Tandis que les rachis primaires et les rachis secondaires offrent une organisation semblable à celle du pétiole, les segments ont une organisation laminale, avec un système compliqué de nervures soutenant la trame du parenchyme.

Bien que présentant une différenciation parfaitement nette en rachis et segments, les feuilles de l'*Heracleum Sphondylium* ne sont jamais *composées*. La différenciation n'est, en effet, pas poussée jusqu'à la formation de vraies articulations. C'est donc à tort que divers auteurs ont qualifié ces segments de *folioles* [2].

L'organogénie de la feuille ne présente pas de caractères bien spéciaux par rapport aux faits constatés

[1] Il existe un terme spécial pour désigner les « pétiolules » ou rachis secondaires portant des segments. Bischoff les a appelés des *anses (ansæ)*. Mais cette expression ne parait guère avoir été employée. Voy. Bischoff, Handbuch der botanischen Terminologie und Systemkunde I, 208. Nürnberg 1833.

[2] On sait que Wretschko (*Botanische Zeitung* XXII, n° 40 et 41, ann. 1864) a cru pouvoir affirmer que les feuilles des Ombellifères étaient construites sur le type composé penné. Mais si, dans certains cas, la différenciation est poussée jusqu'à la constitution de folioles articulées, il n'en est pas moins vrai que dans la grande majorité des espèces, la différenciation s'arrête à la constitution de segments non articulés. Nous ne pouvons donc qu'approuver M. Drude qui dit à ce propos : « Die Beschreibungen... sollen sich an das Thatsächliche halten, damit die Charakteristik nicht der Schärfe entbehre, und sollten demnach zwischen unvollständiger Fiedertheilung (production de segments) und Fiederblättchen (folioles) unterscheiden » (Drude dans Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien vol. III, 8, p. 73, ann. 1897).

jusqu'ici dans la plupart des Ombellifères[1]. Le mamelon axillaire se différencie rapidement en une petite écaille dont le sommet reste désormais inactif. L'activité génétique se localise alors sur les marges de l'écaille qui produit dans un ordre acropétal les mamelons initiaux des lobes. Ces mamelons semblent naître à la face supérieure des marges, illusion dûe à la forte concavité de l'écaille et au fait que les mamelons sont eux-mêmes plus ou moins recourbés vers la face supérieure. Le même processus se répète pour chacun des segments envisagé isolément. Le sommet devient inactif, tandis que les marges donnent naissance à des mamelons de 3me ordre, qui apparaissent et se développent dans un ordre acropétal. Ces mamelons de 3me ordre deviennent des lobes. Enfin, les lobes produisant eux-mêmes des mamelons de 4me ordre sur leurs marges, dans un ordre acropétal, il y a formation de dents.

Le résultat final de ce développement est une feuille comportant des segments latéraux et un segment terminal; les segments sont lobés; les lobes sont dentés.

Les « pétiolules », les pétioles et la gaîne sont des formations tardives par rapport au développement des segments des lobes et des dents. Quant aux « entrenœuds » formés sur le rachis primaire par les ramifications successives, ils possèdent un accroissement intercalaire localisé immédiatement au-dessus des points

[1] Voy. à ce sujet : Wretschko, Zur Entwicklungsgeschichte des Umbelliferen-Blattes (*Botanische Zeitung* XXII, p. 305-309 et 313-315, pl. 12, ann. 1864); Gœbel, Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane (dans Schenk, *Handbuch der Botanik* III, 1 p. 225 et 227. Breslau 1884).

de ramification. Le pétiole lui-même possède une zone d'accroissement intercalaire située immédiatement au-dessus de sa base.

L'apparence présentée par les feuilles dépend en première ligne du nombre des segments latéraux. S'il n'y a qu'une paire de segments latéraux, la feuille sera ternée-palmatiséquée; s'il y a plus d'une paire, elle deviendra pinnatiséquée. Envisageons successivement ces deux cas.

2. *Feuilles basilaires pinnatiséquées.* — Ces feuilles sont caractéristiques pour les var. *latifolium*, *granatense* et *stenophyllum*. Le nombre des segments varie sensiblement avec le développement des individus. Rarement le nombre des paires de segments latéraux atteint 4, plus souvent 3, plus fréquemment encore 2. La nombre total des segments est donc le plus souvent de 5 (fig. 1).

La longeur des « entrenœuds » du rachis principal est en rapport avec le développement des segments et de leurs lobes. Plus les segments sont grands, plus aussi les « entrenœuds » s'allongent. La longueur minima des « entrenœuds » est en général telle que les lobes de deux paires de segments superposées arrivent en contact les uns avec les autres, mais sans se couvrir ou en se couvrant fort peu.

La longueur des « pétiolules » suit des règles très précises. Le « pétiolule » du lobe terminal est toujours de beaucoup le plus long quand le lobe terminal est cordé à la base. Sa valeur morphologique est d'ailleurs dans ce cas toute autre que celle des pétiolules latéraux. Il représente en fait l'extrémité du rachis principal : c'est là un point sur lequel nous reviendrons

plus loin. Les « pétiolules » des segments latéraux atteignent leur longueur maximale dans la paire de segments la plus inférieure et sont de plus en plus courts dans les paires suivantes. La longueur absolue varie d'ailleurs beaucoup d'un individu à l'autre. On trouve çà et là des individus de toutes les variétés dont tous les pétiolules sont extrêmement courts.

3. *Feuilles basilaires palmatiséquées.* — Caractéristiques pour les variétés ***setosum***, ***montanum*** et ***arctifrons***, ces feuilles ne se distinguent des précédentes que par la réduction à une seule des paires de segments latéraux. Toutes les données précédentes des feuilles pinnatiséquées, s'appliquent aux feuilles ternées-palmatiséquées (fig. 3, 4 et 5).

4. *Morphologie des segments latéraux.* — Les segments latéraux sont pinnatilobés, à lobes diminuant d'importance de la base au sommet du segment. La profondeur des sinus qui séparent les lobes entre eux suit la même loi : elle diminue de la base au sommet du segment.

Dans les segments latéraux bien développés, surtout dans la paire la plus inférieure des feuilles basilaires, il y a formation de lobes secondaires suivant le mode penné. De même que les lobes primaires sont de moins en moins marqués sur les segments d'une même feuille en allant de bas en haut, de même aussi les lobes secondaires sont de moins en moins accentués sur les lobes primaires d'un même segment, en allant de bas en haut.

En outre, tous les lobes des segments latéraux, tant primaires que secondaires, sont dentés.

Les variations dans la forme des segments, celle des lobes primaires et secondaires, ainsi que des dents, sont

trés considérables. On peut distinguer à ce point de vue deux types extrêmes, reliés d'ailleurs par des degrés intermédiaires : le type *platyphylle* et le type *sténophylle*. Le type *platyphylle* est représenté par les var. *granatense*, *latifolium* (feuilles pinnatiséquées), *setosum* et *montanum* (feuilles ternées-palmatiséquées). Le type *sténophylle* est représenté par les var. *stenophyllum* (feuilles pinnatiséquées) et *arctifrons* (feuilles ternées-palmatiséquées).

Dans le type *platyphylle* (fig. 1, 3, 4, 5 et 8) les segments sont ovés ou ovés-oblongs dans leur pourtour, arrondis ou presque cordés à la base. Les lobes de premier et de second ordre sont ovés-oblongs. Tous

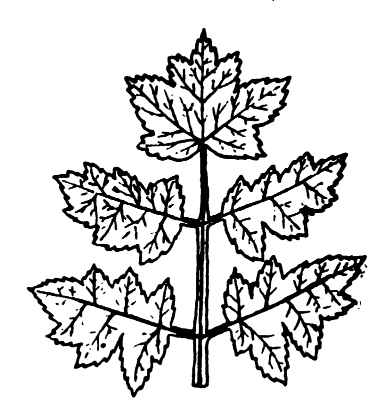


Fig. 1. *Heracleum Sphondylium* var. *latifolium* ; feuille pinnatiséquée à 5 segments; segments latéraux à dissymétrie *homogène basiscope*.

sont ± brièvement acuminés au sommet. La serrature consiste en créneaux ou en dents à côtés convexes, souvent obtuses au sommet, ou ayant l'apparence d'un triangle sphérique. La profondeur des sinus n'est considérable qu'entre les lobes de premier ordre les plus inférieurs : elle atteint là le quart inférieur de la dis-

tance qui sépare les marges de la nervure médiane du segment. Les sinus suivants sont beaucoup moins profonds, de sorte que les lobes confluent en une large limbe peu découpé. L'impression d'ampleur est encore exagérée par l'étroitesse des sinus. Celle-ci est parfois tellement grande que les lobes se recouvrent latéralement par leur base.

Tout autre est l'apparence du type *sténophylle* (fig. 2, 3 et 7). Ici, les segments sont ovés-lancéolés dans leur pourtour, ou bien, quand les lobes primaires sont très développés, le pourtour devient triangulaire à sommet lancéolé. Tous les lobes sont étroits, oblongs-lancéolés ou lancéolés, acuminés au sommet. La serra-



Fig. 2. *Heracleum Sphondylium* var, *stenophyllum* ; feuille pinnatiséquée à 5 segments; segments latéraux à dissymétrie *homogène basiscope*.

ture consiste en dents robustes, très aiguës ou même acuminées au sommet, parfois un peu érigées, bien moins serrées que dans le type platyphylle. La profondeur des sinus est bien plus considérable que dans le type précédent. Elle dépasse normalement le quart

inférieur de la distance qui sépare le sommet des lobes de la nervure médiane, et de beaucoup. Dans les lobes inférieurs, il arrive même qu'elle atteint la nervure médiane : les segments sont alors pinnatiséqués à la base. A l'inverse de ce qui se passe dans le type précédent, les sinus sont très larges de sorte que les segments ne sont guère en contact les uns avec les autres que par l'extrémité des lobes de premier ordre et jamais par leur base.

5. *Dissymétrie des segments latéraux.* — Un point très important dans la morphologie des segments latéraux, c'est leur *dissymétrie*.

Les lobes de premier et de second ordre d'un segment latéral sont placés semblablement et en alternance sur les marges du segment. Mais la rangée des lobes *acroscopes*[1] présente toujours des différences par rapport à la rangée des lobes *basiscopes*[2]. Les deux rangées ne sont comparables ni pour les dimensions des lobes, ni pour la longueur et le calibre des nervures, ni pour la profondeur des sinus. Et comme l'intensité d'expression de ces caractères morphologiques porte tantôt sur le côté du segment qui regarde le sommet de la feuille, tantôt sur le côté qui en regarde la base,

[1] De ἄκρον *sommet*, et σκοπέω *je regarde;* lobes qui regardent vers le sommet de la feuille.

[2] De βάσις *base*, et σκοπέω, *je regarde;* lobes qui regardent vers la base de la feuille.

Les considérations qui ont présidé à la composition de ces termes sont analogues à celles qui ont dicté à M. Schumann l'emploi des mots *axoscope* et *phylloscope* dans la morphologie florale. (Schumann, Neue Untersuchungen über den Blüthenanschluss. Leipzig 1890).

il y a lieu de distinguer entre une ***dissymétrie acroscope*** et une ***dissymétrie basiscope*** [1].

La dissymétrie ***basiscope*** est de beaucoup la plus fréquente.

Dans la var. ***granatense***, la paire inférieure de segments latéraux des feuilles pinnatiséquées (à 5 segments) ont les lobes acroscopes deux fois plus petits que les lobes basiscopes; la base des sinus qui les séparent est un peu plus éloignée de la nervure médiane que pour les sinus des lobes basiscopes. Dans la paire de segments latéraux supérieurs, les lobes disparaissent parfois complètement ou se réduisent à une ondulation peu marquée des marges, tandis que les lobes basiscopes (au nombre de 2 à 3) sont parfaitement développés.

La var. *latifolium* (fig. 1) se comporte d'une façon semblable : les lobes basiscopes sont beaucoup plus développés que les acroscopes, au point que, dans la paire supérieure les lobes acroscopes tendent parfois à disparaître complètement.

[1] Cette nomenclature est indispensable pour éviter la répétition de périphrases telles que celle employée par M. Gœbel : « Si l'on appelle la moitié d'une foliole tournée du côté du sommet de la feuille la moitié supérieure, c'est ordinairement la moitié inférieure qui est la plus grande, rarement la supérieure » (Gœbel, Organographie der Pflanzen I, p. 106. Jena 1898). — L'emploi des termes « supérieur » et « inférieur » doit être évité en parlant des lobes d'un segment, à cause des confusions qui peuvent facilement se produire entre le sommet de la feuille et le sommet du segment : un lobe peut être inférieur par rapport au sommet du segment dont il dépend, et supérieur par rapport au sommet de la feuille. Nous n'employons ici les termes *inférieur* et *supérieur* que pour désigner l'ordre des segments ou lobes de bas en haut, abstraction faite des questions de symétrie.

Pour les variétés *setosum* et *montanum*, il y a en général une différence entre les feuilles basilaires et les feuilles caulinaires au point de vue de l'intensité de la dissymétrie basiscope. Les feuilles basilaires



Fig. 3. *Heracleum Sphondylium* var. *montanum* feuille basilaire palmatiséquée (à 3 segments); segments latéraux à dissymétrie *basiscope*.

(ternées-palmatiséquées) ont des segments latéraux (fig. 3) à lobes basiscopes 2-3 fois plus grands que les acroscopes, à nervure médiane beaucoup plus volumineuse. Le lobe basiscope le plus inférieur présente une formation de lobes de deuxième ordre très marqué ; ceux-ci sont eux-mêmes dissymétriques ! Au contraire le lobe acroscope le plus inférieur présente à peine sur son côté inférieur 1 ou 2 lobules réduits. Les feuilles caulinaires présentent souvent une dissymétrie exagérée (fig. 4), les lobes basiscopes se développant très nettement, tandis que les acroscopes se réduisent à une simple ondulation des marges, laquelle disparait parfois complètement. Mais il y a à ce point de vue de

grandes variations d'un individu à l'autre. Il n'est pas rare de trouver dans ces variétés des feuilles caulinaires à lobes acroscopes des segments latéraux déve-



Fig. 4. *Heracleum Sphondylium* var. *montanum*; feuille supérieure palmatiséquée (à 3 segments); segments latéraux à dissymétrie *basiscope*, poussée jusqu'à la disparition des lobes acroscopes (disposition pédalée).

loppés, quoique plus faiblement que les basiscopes. Et d'autre part, on rencontre de temps en temps une feuille basilaire à segments latéraux dont les lobes acroscopes sont presque nuls ou nuls.

Dans les feuilles du type *sténophylle*, la dissymétrie *basiscope* est encore plus marquée. C'est ainsi, par exemple, que les feuilles basilaires (pinnatiséquées) de la var. *stenophyllum* (fig. 2) ont des lobes basiscopes plus allongés et plus écartés que les lobes acroscopes. La différence est surtout marquée pour la paire de lobes la plus inférieure. Dans cette paire, le lobe basiscope peut atteindre jusqu'à quatre fois la longueur du

lobe acroscope ; il est lui-même très fortement dissymétrique, tandis que le lobe acroscope est presque symétrique. Le sinus acroscope n'atteint pas la nervure médiane, tandis qu'elle l'atteint presque et peut même dans certains cas l'atteindre pour le sinus inférieur basiscope. Comme les sinus inférieurs sont très larges, il en résulte que les lobes inférieurs sont séparés des suivants par un rachis ailé du côté acroscope, aptère ou presque aptère du côté basiscope.

Des faits en tous points semblables se reproduisent dans la var. *arctifrons*. La dissymétrie basiscope est ici



Fig. 5. *Heracleum Sphondylium* var. *arctifrons ;* feuille basilaire palmatiséquée (à 3 segments) ; segments latéraux à dissymétrie *basiscope*.

souvent très exagérée par l'énorme développement des lobes de deuxième ordre chez les lobes inférieurs basiscopes des segments latéraux (fig. 5).

Nous arrivons à la dissymétrie *acroscope*, moins fré-

quente qué la précédente, mais cependant facile à constater sur divers individus. Nous l'avons constatée jusqu'à présent dans les variétés *latifolium*, *stenophyllum* et *arctifrons*.

Nous avons sous les yeux des feuilles palmatiséquées (fig. 6) et pinnatiséquées de la var. *latifolium* dans lesquelles les segments latéraux présentent une dissy-

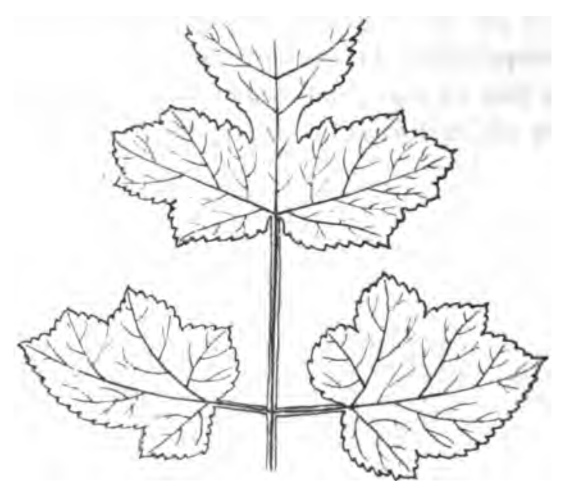


Fig. 6. *Heraclum Sphondylium* var. *latifolium;* feuille basilaire palmatiséquée (à 3 segments); segments latéraux à dissymétrie *acroscope*.

métrie acroscope très marquée. Les segments et les lobes sont largement ovés-subarrondis. Or, la paire de segments inférieurs à des lobes basilaires acroscopes au moins deux fois plus grands que les basiscopes; leur nervure médiane est deux fois plus longue et plus robuste ; ils offrent une formation dissymétrique de lobes de deuxième ordre que n'ont pas les lobes basiscopes. Dans un cas, les lobes basiscopes sont réduits à une simple ondulation des marges ou ont même disparu.

Plusieurs échantillons des var. *stenophyllum* et *arctifrons* nous ont présenté des cas analogues. La disposition des lobes de premier et de second ordre, ainsi que des sinus est exactement inverse de celle décrite ci-dessus pour les feuilles à segments dont la symétrie est basiscope.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons eu à faire qu'avec des feuilles dont tous les segments étaient uniformément soumis à une dissymétrie acroscope ou basiscope. C'est ce que l'on peut appeler une *dissymétrie homogène*. Mais il existe une *dissymétrie hétérogène*. Dans celle-ci, une même feuille porte *à la fois des paires de segments à dissymétrie acroscope et à dissymétrie basiscope*. Nous ne croyons pas que cette dissymétrie hétérogène ait été signalée jusqu'à présent au moins dans les feuilles non composées [1].

En voici quelques exemples :

C'est d'abord une feuille basilaire pinnatiséquée (à 5 segments), empruntée à une rosette de la var. *latifolium* dont les feuilles sont en partie pinnatiséquées, en partie ternées-palmatiséquées et offrent les unes une dissymétrie acroscope, les autres une dissymétrie basiscope des segments latéraux. La paire de segments inférieurs présente une dissymétrie acroscope très marquée. Le côté basiscope des segments possède trois lobes faibles, séparés par des sinus profonds de 1 et 0,5 cm. Le diamètre du côté basiscope atteint 2,5 cm.

[1] M. Gœbel a signalé l'existence sur une même feuille composée (*Mimosa sensitiva*) de paires de folioles symétriques et dissymétriques sur la même feuille. Mais c'est là une feuille *composée* d'organisation très différente. (Voy. Gœbel, Organographie der Pflanzen I, p. 108, fig. 74. Jena 1898).

Le côté acroscope des segments possède 2 à 3 grands lobes séparés par des sinus profonds de 3,5, de 2 et de 1,5 cm.; son grand diamètre atteint 5 cm. La paire de segments supérieurs présente une dissymétrie basiscope très marquée. Le côté basiscope des segments possède 3 lobes développés séparés par des sinus profonds de 2 et 1 cm. Le diamètre du côté basiscope atteint 4 cm. Le côté acroscope n'a plus que des lobes indiqués par une faible ondulation de la marge du limbe ; son grand diamètre atteint 2,5 cm.

Un second exemple très caractéristique nous est



Fig. 7. *Heracleum Sphondylium* var. *stenophyllum;* feuille pinnatiséquée à 5 segments; dissymétrie *hétérogène;* les segments latéraux inférieurs à dissymétrie *acroscope,* les supérieurs à dissymétrie *basiscope.*

fourni par une feuille caulinaire inférieure typique de la var. *stenophyllum* (fig. 7). Cette feuille est pinnatiséquée à 5 segments. La paire inférieure a une dissymétrie acroscope. Cette dissymétrie est surtout marquée lorsqu'on compare entre eux dans chaque segment les deux lobes les plus inférieurs. Le lobe acroscope

est lui-même très dissymétrique (inégalement bipartit !), long de 9 cm., tandis que le lobe basiscope est presque symétrique (non bipartit) et long de 5 cm. La paire supérieure de segments possède au contraire une dissymétrie basiscope. Cette dissymétrie se manifeste lorsqu'on compare de nouveau entre eux, dans chaque segment, les deux lobes basiscope et acroscope. Sur le côté basiscope, il y a un lobe isolé, très rapproché de l'axe du rachis, long de 5,5-7 cm., très dissymétrique ; le lobe suivant a une nervure médiane longue de 6,3 cm. Sur le côté acroscope, le lobe rap-

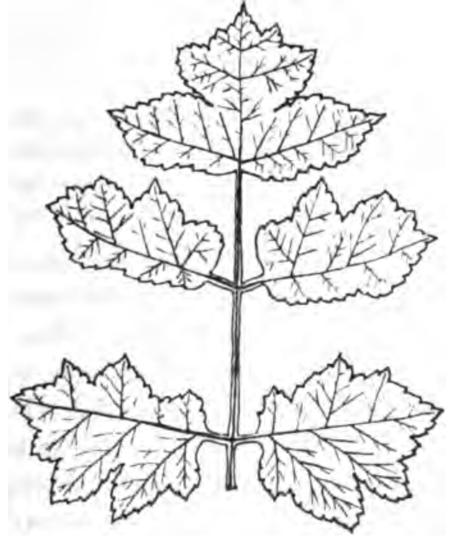


Fig. 8. *Heracleum Sphondylium* var. *latifolium;* feuille basilaire pinnatiséquée à 5 segments; segments inférieurs à dissymétrie *basiscope*, les supérieurs à dissymétrie *acroscope* poussée jusqu'à la disparition des lobes basiscopes (disposition pédalée).

proché du rachis manque ; le premier lobe que l'on rencontre a une nervure médiane longue de 5 cm.

Enfin, voici une feuille basilaire de la var. *latifolium* (fig. 8) dans laquelle la paire de segments inférieurs

présente une dissymétrie basiscope très marquée ; les lobes du côté basiscope atteignent le double de la hauteur de ceux du côté acroscope. La paire de segments supérieure possède au contraire une dissymétrie inverse. Tandis que les lobes acroscopes sont très développés, les lobes basiscopes sont réduits à une simple ondulation des marges.

En résumé, la dissymétrie des segments foliaires latéraux chez l'*H. Sphondylium* se présente sous les catégories suivantes :

A. Dissymétrie homogène.
   1. Tous les segments latéraux à dissymétrie acroscope.
   2. Tous les segments latéraux à dissymétrie basiscope. (Cas le plus fréquent.)

B. Dissymétrie hétérogène.
   3. Paire inférieure de segments à dissymétrie acroscope ; paire supérieure à dissymétrie basiscope.
   4. Paire inférieure de segments à dissymétrie basiscope ; paire supérieure à dissymétrie acroscope.

Nous avons étudié un échantillon dans lequel les trois premiers de ces cas étaient simultanément réalisés sur les différentes feuille du même individu.

6. *Morphologie du segment terminal.* — Le segment terminal est palmatilobé ou palmatiséqué, à trois lobes de premier ordre et à trois nervures principales palmées, divergeant dès la base même du segment qui est presque toujours tronquée-cordée ou cordée.

Les deux lobes latéraux sont organisés exactement sur le type des segments latéraux et présentent les mêmes caractères (lobes et nervures latérales alternes, dissymétrie presque toujours basiscope). Seulement ils sont reliés avec le lobe médian par une large plage de contact.

A son tour, le lobe médian est palmatilobé à trois lobes de deuxième ordre, à trois nervures divergentes au même point. Les lobes latéraux sont lobulés, à lobules et nervures alternes, à dissymétrie basiscope. Enfin, le même phénomène peut se reproduire au troisième ou au quatrième degré dans le lobe médian de deuxième ordre.

Le segment terminal est en réalité pinnatipartite ou pinnatilobé ; l'apparence palmée provient du grand développement de la paire inférieure des lobes. Les lobes latéraux du segment terminal sont homologues des segments latéraux. Ils sont opposés et ont des nervures opposées, tandis que leurs lobules sont alternes et sont desservis par des nervures latérales alternes. Ce n'est qu'au sommet du segment terminal que les nervures insérées sur la médiane deviennent alternes. En d'autres termes, le segment terminal est formé par la confluence [1] d'une pièce terminale et de plusieurs paires de segments latéraux.

Ce résultat déduit de l'étude des rapports des lobes et lobules entre eux, ainsi que de leur nervation, est pleinement confirmé par les variations morphologiques du segment terminal dans les diverses formes de l'*Heracleum Sphondylium*. Nous possédons, en effet, tous les passages entre les segments terminaux à lobes séparés par des sinus qui n'atteignent pas le $^1/_4$ de la distance séparant le sommet des lobes de la nervure médiane, et ceux dans lesquels ces mêmes sinus arri-

[1] Il va sans dire que ce terme de *confluence* n'a aucune signification organogénique; il signifie simplement que des organes homologues, qui sont séparés ailleurs, se présentent ici réunis.

vent jusqu'au voisinage de la nervure médiane, ou à cette nervure même. Dans ce dernier cas, on peut hésiter sur le nombre des paires de segments que l'on doit attribuer à la feuille. Les « pétiolules » des derniers segments latéraux sont alors nuls ou très courts, ainsi que ceux du segment terminal. En outre, le lobe ou segment terminal, au lieu d'être cordé à la base, devient arrondi-atténué à la base.

On comprend maintenant pourquoi nous avons déclaré plus haut (p. 195) que le « pétiolule » du segment terminal n'est pas homologue du « pétiolule » des segments latéraux : c'est évidemment un entrenœud du rachis terminé par des segments confluents.

Les mêmes différences d'organisation signalées dans les types sténophylle et platyphylle pour les segments latéraux se retrouvent dans le segment terminal. Les dessins joints à ce mémoire nous dispensent d'entrer dans de plus longs détails à ce sujet.

7. *Variations morphologiques dûes au niveau.* — Dans tout ce qui précède nous avons essentiellement envisagé la morphologie des feuilles basilaires. Si l'on s'adresse aux feuilles caulinaires, on est amené à constater des différences notables, qui se reproduisent parallèlement dans toutes les variétés.

Les gaînes s'allongent considérablement ; le pétiole se raccourcit, ainsi que les « entrenœuds » du rachis. Les dimensions des segments diminuent progressivement du bas en haut de la tige. Il en est de même du nombre des segments qui de 7, descend à 5, puis à 3. Enfin, dans les feuilles les plus supérieures, il n'y a habituellement plus qu'un limbe palmatipartite ou palmatilobé par confluence des 3 segments culminaux.

En outre, chez les variétés *setosum*, *montanum* et *arctifrons*, les premières feuilles basilaires des jeunes rosettes qui ont toujours tous leurs segments confluents en un limbe unique plus ou moins lobé persistent pendant l'anthèse. Des feuilles basilaires persistantes de cette forme se rencontrent aussi dans les autres variétés, mais avec moins de constance.

Ces faits montrent combien il importe, pour juger correctement des caractères morphologiques de la feuille chez les *Heracleum*, d'avoir la série complète des feuilles le long des tiges.

8. *Biologie des caractères d'indument.* — On a vu, par la table synoptique des variétés placées en tête de cet article, que deux races de l'*H. Sphondylium* (les var. *granatense* et *setosum*) étaient caractérisées par des feuilles densément et mollement velues, parfois presque tomenteuses en dessous. Cette abondance de poils de la page foliaire sur laquelle sont localisés presque exclusivement les stomates constitue évidemment un appareil protecteur contre une transpiration exagérée. Il est intéressant de constater que la distribution géographique des deux races en question concorde avec l'interprétation du rôle physiologique de leur indument. La var. *granatense* est, en effet, spéciale aux provinces espagnoles de Grenade et de Castille ; tandis que la var. *setosum* se trouve dans les Pyrénées et sur le versant méditerranéen des Alpes italiennes et autrichiennes : toutes deux manquent dans l'Europe moyenne et septentrionale.

Un fait beaucoup plus intéressant, et qui paraît être passé inaperçu de nos prédécesseurs, consiste dans la présence, sur les feuilles adultes, d'un anneau barbu

(poils raides, denses et longs), placé immédiatement au-dessous des points de ramification des rachis et à la base de la gaîne. Aux ramifications du rachis, l'anneau barbu est plus ou moins interrompu sur la face ventrale, canaliculée, du rachis et du pétiole; il l'est aussi sur la face dorsale, mais à un moindre degré. Sur la face ventrale, cette interruption pourrait, semble-t-il, être envisagée comme une des nombreuses adaptations foliaires à la pluie. Elle laisse, en effet, le passage libre à l'écoulement de l'eau qui tombe sur le limbe en temps de pluie et qui dégoutte dans la gouttière du pétiole pour aller s'accumuler dans la gaîne. Mais cette relation ne rend pas compte de l'interruption plus ou moins nette de l'anneau barbu sur la face dorsale. L'invraisemblance de cette interprétation devient évidente quand on étudie l'anneau barbu des gaînes, qui est extrêmement développé. On voit cet anneau suivre fidèlement la ligne de contact extérieure de la gaîne avec la tige; il entoure donc complètement le nœud, sauf sur l'espace très étroit, parfois nul, qui sépare les deux lèvres opposées de la gaîne. Il suffit d'observer en temps de pluie le ruissellement de l'eau sur les grandes feuilles et les puissantes tiges de l'*Heracleum Sphondylium* pour comprendre que l'étroite interruption de l'anneau barbu des gaînes est presque toujours insuffisant pour permettre l'écoulement de l'eau. D'ailleurs, même si l'espace était suffisant, cela ne rendrait pas compte du développement énorme de l'indument sur tous les autres points.

La vraie signification biologique de cette curieuse hypertrophie locale de l'indument doit être cherchée

dans un besoin de protection locale particulière contre les excès de transpiration.

Alors que la croissance des entrenœuds caulinaires est terminée, que le pétiole et les articles du rachis ont presque entièrement perdu leur faculté d'allongement, la croissance intercalaire se localise à la base des segments et à la base de la gaîne. Or ces zones de croissance intercalaire tardive sont précisément celles qui sont protégées par les anneaux barbus ci-dessus mentionnés. Sous la couche d'air emprisonnée par ces touffes de poils, tous les éléments conservent longtemps leur faculté de division, la lignification et la sclérification des parois est restreinte au minimum, les protoplastes sont gorgés de suc cellulaire : d'où l'utilité d'une protection spéciale, devenue moins importante pour les autres parties du pétiole, du rachis et des segments.

(A suivre.)

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 5 novembre 1902.

Dr H. Faes. Mélanges entomologiques. — Dr L. Pelet. Dosage volumétrique de la fuchsine. — F.-A. Forel. Feux crépusculaires. — Dr P. Mercanton. Levers de soleil. — Dr M. Lugeon. Poussière volcanique. — Dr P. Jaccard. *Sarracenia purpurea.*

M. le Dr H. Faes présente une feuille de zinc provenant de la toiture d'un hôtel de Lausanne et perforée par les *Sirex*. Il donne à ce propos des détails intéressants sur la biologie de ces Hyménoptères et rappelle combien l'on a discuté cette question de la perforation des métaux. Etaient-ce les larves ou les insectes parfaits qui causaient les dégâts, et si c'étaient les insectes parfaits, de quelle façon procédaient-ils? Il rappelle les belles recherches anatomiques de Léon Dufour sur les Hyménoptères de la famille des Urocérates et cite quelques autres insectes s'attaquant aussi aux métaux.

M. le Dr Faes expose ensuite les dégâts considérables causés dans les vergers par certaines espèces de scolytides; il fait circuler des branches d'arbres fruitiers attaquées par le *Scolytus pruni* et le *Bostrichus dispar*, deux espèces qui procèdent tout différemment dans la façon de creuser leurs galeries. L'auteur de cette communication, qui s'est fort occupé de la question au point de vue agricole, tant dans le canton de Vaud que dans celui du Valais insiste sur le fait que ces deux scolytides attaquent aussi

bien les arbres jeunes et très vigoureux que les arbres anémiés et malades. Il donne des détails sur la ponte curieuse du Scolyte du thuya *(Phloeosinus thuyae)*, étudiée par M. le Dr Edouard Bugnion, et indique enfin les remèdes préventifs et directs les plus efficaces contre ces ravageurs.

M. le Dr H. Faes termine son exposé en citant un cas nouveau de parasitisme, observé dans les Alpes du Valais. Il a découvert une mouche *Tachina* qui pondait ses œufs sur un myriopode, le *Julus alemannicus* var. *simplex*; il décrit les particularités anatomiques de la larve et montre avec quelle intelligence, ou quel merveilleux instinct, le diptère procède dans sa ponte. Le *Julus alemannicus* possède une épaisse carapace calcaire, un corps lisse et arrondi, des segments admirablement emboîtés les uns dans les autres; c'est pourquoi, alors que nous voyons les Tachines pondre à n'importe quelle place sur le corps tendre des chenilles, l'espèce en question pose toujours ses œufs sur la tête ou le premier segment du Myriopode. La raison en est simple : la tête du Myriopode étant souvent appelée à se mouvoir, son insertion avec le corps est un point faible, et les larves de la Tachine, une fois écloses, en profitent pour pénétrer dans le corps de leur hôte.

M. le Dr L. Pelet, professeur, présente une méthode de *dosage volumétrique de la fuchsine* au moyen d'une solution titrée de nitrite de potassium en solution faiblement acide.

La fin de la réaction se reconnait grâce à la présence d'un léger excès de fuchsine par la faible coloration rose produite sur du papier à filtrer dans un essai à la touche.

Les résultats obtenus par le dosage ne variaient que de 3-4 mmgr. sur une quantité de 0,5 à 2 gr.

L'équation de la réaction est définie et se passe entre 2 molécules de fuchsine et 3 molécules d'acide nitreux ; il ne se forme cependant pas d'acide rosolique ainsi qu'on eût pu le supposer.

Dans la première partie de la réaction, il se forme du chlorure de diazopararosaniline $OH — C \equiv [C^6H^5 N N Cl]^3$;

ce produit une fois formé se copule à une nouvelle molécule de fuchsine pour former

$$OH - C \equiv [C^6H^4\ N\ N - NH - CH^{65}]^3 \equiv C - OH$$

la diazoamidopararosaniline.

En ajoutant du carbonate de sodium à la solution du diazoamido dérivé, on isole un produit brun insoluble qui est probablement le diazoamido lui-même. Ce composé dont l'étude n'est pas terminée est insoluble dans les acides.

Si on laisse reposer la solution du diazoamido, il se produit une décomposition lente et formation d'une molécule d'acide rosolique et d'une molécule de fuchsine. Si au contraire on chauffe directement la solution, il y a formation rapide d'acide rosolique, d'après la réaction bien connue de E. et O. Fischer.

M. F.-A. Forel décrit les grandes apparitions de *feux crépusculaires anormaux* observés les 28, 29 et 30 octobre à Morge et Lausanne. Durant le cours de l'été, depuis le commencement de juillet, spécialement les 6, 7, 8, 9, 11 juillet, 3, 15 à 22 août, 13, 24 octobre, M. Forel a déjà constaté des phénomènes extraordinaires : une demi-heure après le coucher du soleil, après que le ciel du couchant s'était lentement obscurci, il surgissait une seconde illumination caractérisée par un nimbe périhélique jaune-verdâtre d'abord, d'un éclat lumineux étrange, puis orange, quelquefois approchant du rouge ; autour du nimbe jaunâtre un halo pourpre-lilas de quelque 50° de rayon, large, à contours mal définis. Mais jamais ces feux de crépuscule n'avaient approché, même de loin, de la teinte rouge cramoisi des grandes illuminations de l'hiver de 1883-1884 que nous avons attribuées aux cendres volcaniques de l'éruption de Krakatoa. (Voyez *Bull. S. V. S. N.* XX, P. V. VII, 19 décembre 1883).

Enfin, dans les trois dernières journées, il y a eu reproduction des splendides illuminations du type krakatoesque. Le 28 octobre, M. Forel les a vues à la fin du spectacle, à

travers les trous de voile des nuages (à 6 h. 45, temps du l'Europe centrale); le 28 octobre, le coucher apparent de soleil ayant eu lieu à 5 h. 18 soir, la seconde illumination a duré de 5 h. 50 à 6 h. 55 avec un éclat incomparable; le 30 octobre, un voile de brouillard couvrait le ciel de Morges, mais ces nuées avaient des couleurs d'incendie. M. Forel peut comparer ces tons et teintes avec ceux d'un excellent tableau de Hosch qui avait représenté les feux crépusculaires de décembre 1883, et il déclare l'analogie, ou mieux la similitude, complète.

Dans les deux cas, le fond du ciel formant second plan était éclairé par un pourpre orangé, rouge et cramoisi, tandis que les nuages, dans un premier plan, apparaissent comme des taches brunes et grises.

Il y a cependant une différence capitale entre les phénomènes crépusculaires de l'été de 1902 et ceux de 1883. Ces derniers ont duré dans chaque station durant des semaines et des mois; en Suisse du 25 novembre 1883 au milieu de janvier 1884. Dans l'été actuel, au contraire, ils sont d'apparition rapide et ne durent que trois ou quatre jours de suite pour réapparaître plus tard quelques semaines après, et de nouveau pendant quelques jours seulement. On pourrait interpréter ces faits en supposant qu'en 1883 les poussières volcaniques lancées dans la haute atmosphère y formaient un anneau continu autour de la terre, tandis que cette année 1902, elles sont concentrées en nuages discrets et isolés les uns des autres.

En terminant, M. Forel signal l'apparition possible d'un *cercle de Bishop*, large couronne cuivrée autour du soleil analogue à celle qui, en 1884 et 1885, a suivi la grande éruption de Krakatoa. On la voyait lorque le soleil était masqué par un écran, cime de montagne ou nuage; elle était surtout apparente dans les hautes altitudes. La recherche de ce phénomène est recommandée aux alpinistes dans leurs excursions d'hiver, aux observateurs des stations de montagne, Säntis, Naye, Saint-Bernard, aux habitants des villages alpins et jurassiens dans des journées favorables.

M. Paul-L. Mercanton complète l'exposé de M. Forel par le compte-rendu des observations du phénomène, qu'il a faites de Lausanne avant le lever du soleil les 4 et 5 novembre. 4 novembre 7 h. H. C. Ciel absolument dégagé de brume sauf sur Morges et sur Genève et le Jura.

A l'orient, la silhouette des Alpes vaudoises se détache sur un fond brillant formant une plage couleur fleur de pêcher intense, atteignant presque le zénith, se dégradant sur ses bords en orange et jaune clair et paraissant avoir comme centre le point où le soleil se lèvera. D'après un témoin oculaire le phénomène était déjà visible à 6 h. 45, quoique moins caractérisé.

A 7 h. 10, la nuance devient plus claire tirant sur l'or pâle. 7 h. 15, teinte or très pâle. A ce moment les brumes de l'occident se teintent en rose pâle, un peu de « morgenroth » persiste sur le contour des Alpes vaudoises. Le soleil se lève à 7 h. 40 sur Famelon. 5 novembre, même point d'observation. Le ciel est couvert sauf à l'E. où apparait la silhouette des Alpes vaudoises sur un fond rougeoiant et au-dessus des pans de ciel couleur d'or jaune. 6 h. 45, la teinte devient fleur de pêcher intense partout et très vive. Les moutonnements inférieurs des nuages se teintent en rose 6. h. 55, l'horizon s'embrume et l'observation devient impossible. Lever du soleil comme la veille. Le soir quelques gouttes de pluie. Le phénomène avait été observé par d'autres personnes le 3 et le 4 de Lausanne et de Vevey. Le 4, la réillumination ne le cédait en rien en beauté et en intensité à celle du mercredi soir 29 octobre.

M. Mercanton fait circuler ensuite des photographies et de beaux exemplaires de bombes volcaniques provenant des volcans éteints d'Auvergne.

M. le Dr M. Lugeon fait circuler un certain nombre d'échantillons de *poussière volcanique* de la Martinique.

M. Paul Jaccard présente quelques pieds de *Sarracenia purpurea* dans divers états de développement et contenant

dans la partie inférieure de leurs tubes une quantité considérable de débris d'insectes complètement décomposés. Cette intéressante espèce provient de graines originaires des U. S. qui furent semées par M. F. Cornu, de Corsier, dans une des tourbières des Préalpes vaudoises. Elle y est maintenant complètement acclimatée.

Séance du 19 novembre

Amstein. Valeurs d'une intégrale définie. — Dr G. Rössinger et S. Jenkins. Géologie de la vallée de la Lenk. — H. Dufour. Verres de vitre et éclairage.

M. Amstein recherche les valeurs d'une intégrale définie (Voir *Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat.*, décembre 1902).

MM. Georges Rœssinger et Stuart Jenkins ont exploré cet été la *Zone des Cols* (bord sud des *Préalpes*) dans la vallée de la Lenk.

Parmi les terrains reconnus, les suivants présentent surtout de l'intérêt :

1° Des schistes et calcaires à céphalopodes que leur superposition au Malm fait sans doute *néocomiens* et qui contiennent aussi des bancs de calcaire spathique foncé, avec éponges siliceuses (pied de l'Ammertengrat).

2° Des calcaires, à curieux organismes de silex, qui affleurent au Metschstand et dont les échantillons présentés ont été reconnus par M. Lugeon pour les *couches de Wang !*

Fait inattendu, la brèche polygénique, dite du Niesen, a offert dans son ciment une Bélemnite très nette (remaniée?) (torrent d'Unter-Flösch). Le Flysch du Niesen semble du reste passer ici au Lias supérieur !

La Zone des Cols présente en plusieurs points des plis. Au Bettelberg on constate un anticlinal avec un noyau de grès et calcaires du Lias inférieur, superposé à des schistes à Posidonomyes. Ce noyau a sa charnière *convexe vers le S-S-E.*

Un synclinal qui affecte les terrains du Trias au Dogger présente au flanc S-W du Metschstand, près du point 2109 (carte Siegfried), une charnière dont l'intersection avec le terrain est *concave à l'W*.

M. Rœssinger a ensuite attiré l'attention sur la portée théorique de ces observations.

Le Néocomien à Céphalopodes de la Lenk est intermédiaire au Néocomien littoral des Hautes-Alpes et au Néocomien pélagique des Préalpes. Avec les couches de Wang il indique donc très nettement une relation entre ces deux dernières grandes Zones géologiques.

Si l'âge secondaire du Flysch du Niesen venait à être démontré péremptoirement, ce fait aurait évidemment, des conséquences importantes. Quant aux dislocations de la Lenk elles sont si compliquées qu'il convient d'être prudent et d'attendre de plus amples recherches avant d'aborder leur explication générale.

M. Henri Dufour donne un résumé des expériences photométriques qu'il a faites sur l'*action de vitres diverses sur l'éclairage des chambres*. Les verres étudiés étaient les verres luxfer, diamant, dépoli, cathédrale, etc. Les mesures photométriques ont déterminé quelle était l'intensité relative de la lumière pénétrant dans une chambre par une fenêtre dépourvue de vitres ou garnie des divers verres. L'expérience montre que les verres diamant et luxfer font pénétrer dans la chambre une quantité de lumière plus grande que celle qui entrerait s'il n'y avait pas de verre ; ce fait en apparence paradoxal provient de ce que ces verres transforment les directions des rayons qui tombent sur eux et entre autres dirigent horizontalement dans la salle des rayons très obliques venant latéralemeat de haut en bas ; l'accroissement de luminosité peut être de 1,6 à 1,8 comparé à l'éclairement produit en l'absence de vitres, qui est pris comme unité.

L'effet favorable de ces verres est d'autant plus grand qu'on s'éloigne davantage de la fenêtre c'est-à-dire qu'ils font pénétrer de la lumière dans la profondeur de la cham-

bre; l'effet des verres est plus grand par un ciel nuageux ou à demi couvert que par un ciel pur, la luminosité du ciel bleu au zénith n'étant pas très élevée.

Séance du 3 décembre.

H. Blanc. Présentations. — G. Martinet. Sélection du trèfle. — Dr J. Amann. Nouvelle application de la photographie. — F.-A. Forel. Bois fossiles. — M. Vautier-Dufour. Téléphotographie.

M. le prof. H. Blanc fait circuler une collection d'insectes indigènes et exotiques présentant de très beaux cas de mimétisme, ainsi qu'une série de modèles en cire, exécutés par M. P. Murisier, représentant le cœur et ses vaisseaux dans la série des vertébrés.

M. Martinet, chef de l'Etablissement fédéral d'essais et de contrôle des semences à Lausanne, expose les résultats qu'il a obtenus avec ses essais de *sélection et de fécondation du trèfle*[1].

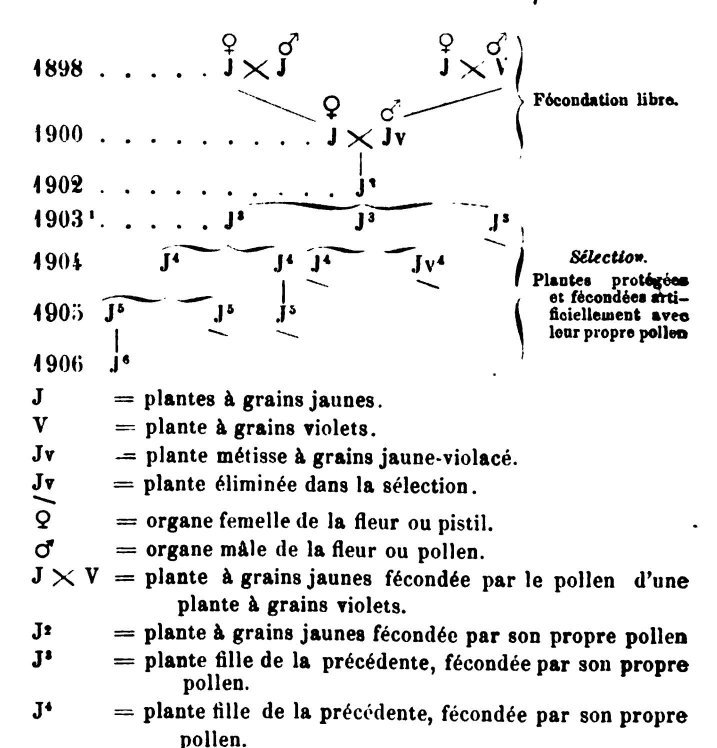
Cherchant à améliorer le trèfle cultivé ordinaire par voie de sélection en vue d'obtenir une variété productive et résistante, il a soumis les plantes de choix à un égrenage méthodique. Il a constaté que la nuance plus ou moins foncée des grains de trèfle ne dépend pas du degré de maturation, comme on l'admet, mais que chaque plante fournit des grains d'une coloration uniforme et caractéristique. Il fallait reproduire ces plantes d'élite et vérifier si elles transmettaient bien leurs divers caractères de productivité et de coloration des grains.

Sur 560 pieds de trèfle provenant de graines de plantes d'élite, plantés en 1900, on en conserva 21 seulement pour la sélection; les autres furent détruits. Mais pour éviter le métissage par les bourdons avec le pollen de plantes étrangères et de moindre valeur agricole, il a fallu, au mo-

[1] Avant la sélection, les générations sont bisannuelles; pour gagner du temps, les grains de la sélection sont semés l'automne pour pouvoir trier et récolter la graine l'année suivante.

ment de l'épanouissement des fleurs, isoler les 21 plantes sélectionnées au moyen d'une coiffe d'un tissu lâche. Une élimination rigoureuse des pieds ne possédant pas les caractères de la plante-mère, devait supprimer, comme dans l'exemple ci-après, tous les cas d'atavisme provenant de métissages antérieurs et amener une épuration et une fixation complètes de la variété.

Schéma d'un cas de sélection du trèfle.



J = plantes à grains jaunes.
V = plante à grains violets.
Jv = plante métisse à grains jaune-violacé.
Jv (barré) = plante éliminée dans la sélection.
♀ = organe femelle de la fleur ou pistil.
♂ = organe mâle de la fleur ou pollen.
J × V = plante à grains jaunes fécondée par le pollen d'une plante à grains violets.
J² = plante à grains jaunes fécondée par son propre pollen
J³ = plante fille de la précédente, fécondée par son propre pollen.
J⁴ = plante fille de la précédente, fécondée par son propre pollen.
J⁶ = plante souche de la sorte à grains jaunes bien épurée et bien fixée.

Les petits chiffres 2, 3, 4, 5 et 6, placés en exposants, expriment l'influence ou l'énergie cumulative ou potentielle de la qualité recherchée (ici grains jaunes) dans les diverses générations.

M. Martinet pensait pouvoir opérer la fécondation des plantes coiffées au moyen de bourdons qu'on aurait, au préalable, débarrassés du pollen qu'ils portaient et qu'on aurait introduit sous les coiffes, quitte à détruire encore, pour plus de garantie, les premières fleurs visitées. Tous les essais furent infructueux ; les bourdons introduits cherchaient à passer au travers des mailles du tissu sans vouloir butiner les fleurs.

Force fut donc d'avoir recours à la fécondation artificielle au moyen du pinceau. On put d'abord constater le développement normal de l'ovule chez quelques fleurs fécondées ainsi. Le travail long et minutieux de fécondation au pinceau fut alors pratiqué sur chacune des plantes, à trois ou quatre reprises, au fur et à mesure de l'épanouissement des capitules. Un pinceau était réservé pour chacune des 21 plantes. Comme comparaison, on avait laissé trois plantes voisines non sélectionnées libres à la visite des bourdons, et deux autres plantes furent coiffées et laissées telles sans fécondation aucune.

A la récolte, on constata un nombre de 7730 graines en moyenne sur les plantes libres, de 90 sur les plantes isolées et fécondées au pinceau et de 12 graines en moyenne sur les plantes protégées et sans fécondation. La fécondation artificielle au pinceau avec le pollen de la même plante est donc peu efficace. Cette faible réussite peut être attribuée en premier lieu à l'inhabileté de l'opérateur qui ne peut agir d'une manière ni aussi délicate, ni aussi opportune que les visites répétées d'un insecte spécialement conformé. Il est possible, en outre, que le pollen de la même fleur ou de la même plante soit moins actif que le pollen étranger.

Les graines obtenues sur ces diverses plantes ont permis de vérifier les conditions d'hérédité du trèfle en ce qui concerne la nuance des grains. Des 26 plantes étudiées, 23 ont donné des grains d'une coloration semblable à la plante-mère, et 3 seulement ont produit des grains d'une nuance différente. Ces trois dernières plantes représentent les cas d'atavisme résultant de croisements antérieurs par du pollen de plantes à grains d'autre nuance.

On peut donc admettre que la nuance des grains chez le trèfle est héréditaire si l'on prend les précautions voulues pour éviter tout croisement. Reste à voir si les autres caractères et spécialement la productivité se reproduisent aussi fidèlement. Dans le cas affirmatif, rien n'empêche d'espérer la création d'une ou plusieurs variétés méritantes de trèfle, que la coloration caractéristique et uniforme des grains permettrait de reconnaitre au premier coup d'œil.

Le fait que les plantes protégées et non fécondées ont cependant donné des graines, est en contradiction avec un essai de Darwin avec le trèfle cultivé. Il est à constater que Darwin a obtenu des grains dans les mêmes conditions avec le trèfle blanc.

Dans notre expérience, la protection a été insuffisante contre la visite d'autres insectes et avant d'admettre l'autofécondation même faible chez le trèfle, des essais nouveaux et plus serrés sont nécessaires.

M. le Dr Amann fait une communication sur une *nouvelle application de la photographie.*

Il s'agit de l'emploi de la plaque ou du papier photographique, au moyen d'un appareil ad hoc, dans la *Calorimètrie* et la *Diaphanométrie.*

La méthode élaborée par l'auteur consiste à mesurer le noircissement de la plaque ou du papier sensible produit par la lumière après son passage au travers de deux cuves de forme prismatique-triangulaire identiques ; l'une remplie de liquide à doser, l'autre d'une solution type. Le problème de l'identification des intensités de la coloration, très difficile à résoudre dans le cas où les deux solutions présentent des différences de nuances, est ramené à la comparaison de la seule et unique teinte foncée, obtenue sur la plaque ou le papier photographique, ce qui élimine l'influence perturbatrice des différences de nuances.

Le procédé diaphanométrique correspondant consiste à comparer de la même manière des liquides troubles, tenant en suspension les précipités à doser. L'absorption

des rayons chimiques est, dans ce cas, toutes autres choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la masse du corps qui produit le trouble.

La méthode est susceptible de nombreuses applications en chimie physiologique, telles que : dosage de l'hémoglobine du sang (appareil de Gærtner), des albuminoïdes, etc., etc.

M. le Dr Reiss donne la démonstration photographique de l'absorption des rayons lumineux par les corps foncés.

M. F.-A. Forel fait circuler de très beaux échantillons de *bois fossile*, trouvés dans les environs de Chambéry.

Enfin la Société a la bonne fortune de pouvoir admirer quelques superbes photographies par M. *Vautier-Dufour*, obtenues avec son *téléphot* perfectionné. M. Forel attire spécialement l'attention des membres sur une photographie de mirage, prise depuis Villeneuve.

Séance du 17 décembre

Dr S. Bieler. Présentation d'objets zoologiques divers. — P. Galli-Valerio et Mme Rochaz. Anopheles et malaria en Valais. — Dr Machon. Pierres à mortier de la République Argentine.

M. S. Bieler, directeur présente à la Société divers échantillons zoologiques appartenant au musée agricole.

1° Un dessin, en couleur, de l'*Okapi* qui se trouve au musée colonial de Tervueren, près de Bruxelles. L'okapi se distingue par deux cornes comme celles de la girafe, couvertes de peau et de poils. L'encolure et le garrot sont moins développés que dans la girafe.

La chair de l'okapi est, parait-il, très appréciée par les indigènes de la partie du Congo belge (N.-E.) où se trouvent les troupes de ce gibier et on aurait lieu de craindre que des chasses destructives ne fassent disparaître cet animal à peine découvert, aussi le gouvernement du Congo a-t-il interdit de tuer l'okapi, sauf pour les études d'histoire naturelle.

2° Un crâne de veau hydrocéphale dont le tour est de 73 centimètres.

3° Un crâne de veau avec prognathisme très accentué. Les os naseaux sont fort peu développés. Cette anomalie n'est pas fréquente chez nous et comme elle ne constitue pas une qualité avantageuse pour la vie de l'animal on ne cherche pas à la développer. — Au contraire, dans l'Amérique méridionale, elle paraît beaucoup plus fréquente et la proportion des animaux niatos est assez accentuée, comme le confirme du reste M. le Dr Machon.

4° Un crâne de mouton de la petite race de Alpes grisonnes, dite de *Nalps*. Rütimeyer a distingué parmi les restes d'ossements des palafittes la présence de crânes d'un mouton de petite taille qu'il a désigné sous le nom de *ovis palustris*, caractérisé par les chevilles osseuses des cornes, minces et écartées à la base.

Plus tard, Rütimeyer a constaté que la petite race de moutons des Alpes grisonnes qui se trouve au Heizenberg présente le même caractère et serait probablement parente ou descendante de l'*ovis palustris*, et il l'a appelée Race de Nalps du nom de l'alpe où il a découvert cette petite race dont M. Bieler montre un échantillon à la Société.

Un crâne de mouton de Tripoli qui se trouve au Musée agricole présente des caractères assez analogues et il semblerait qu'il y ait parenté.

M. B. Galli-Valério et Mme Rochaz. *La distribution des anopheles dans le canton du Valais en relation avec des anciens foyers de malaria.*

Les auteurs exposent les renseignements de Lombard sur les anciens foyers de malaria du Valais et y ajoutent les résultats d'une enquête faite par eux auprès des médecins du Valais. Ils donnent ensuite une description de la distribution des marécages du Bouveret à Brigue et exposent le résultat de leurs recherches sur les anopheles qu'ils ont trouvés (A. maculipennis et A. bifurcatus) partout, jusqu'à 1052 m., à Champéry. De l'enquête des auteurs

il résulte que la malaria aurait disparu du Valais depuis dix ans environ. Peut-être y a-t-il encore quelques cas larvés. Les causes de la disparition sont probablement : diminution des marécages et par conséquent diminution des anopheles, traitement par la quinine, améliorations hygiéniques. Quant à la possibilité que ces foyers puissent rentrer en activité, les auteurs ne peuvent pas se prononcer d'une façon absolue, mais par comparaison avec des cas analogues observés en Italie, il ne le croient pas.

M. le Dr MACHON. *Les pierres à mortier de la République Argentine.*

Lors même que personne ne doute plus aujourd'hui de l'origine asiatique des diverses races indigènes du continent américain, toutes les nouvelles découvertes qui viennent confirmer cette théorie n'en sont que plus intéressantes.

Dans leurs longues migrations du nord au sud, les premiers habitants de l'Amérique ont semé sur leur passage non seulement des débris de leur industrie, des ustensiles et des armes pareilles à celles dont usaient leurs ancêtres des hauts plateaux de l'Asie, mais ils ont laissé aussi d'autres traces plus évidentes de leur passage, des preuves plus convaincantes encore de leur lointaine origine.

Parmi ces dernières, nous avons les « pierres » dites « à écuelles », que l'on retrouve dans toute l'Amérique et qui rappellent beaucoup celles de l'Europe qui ont été si bien décrites par le prof. Edouard Desor dans un petit opuscule que ce regretté savant publia en 1878 [1].

Lorsque les écuelles sont profondes, elles méritent le nom de « mortiers ».

Au Brésil et dans la République Argentine, on a signalé la présence de « pierres à mortiers », remarquables non seulement par le nombre des excavations et leur disposition symétrique, mais aussi par l'uniformité de leurs dimensions.

[1] *Les Pierres à écuelles*, par E. Desor, Genève, 1878.

En 1895, pendant un court séjour que M. Machon fit dans les montagnes de Cordoba, dans la République Argentine, il eut la chance de découvrir à Capilla del Monte, au milieu des broussailles et à l'intersection de deux petites rivières, une de ces pierres remarquables dont il présente la photographie.

Il s'agit ici d'un bloc de granit de 1 m. 90 de longueur sur 1 m. 50 de largeur, à moitié enfoui dans le sol. Sur sa face supérieure on voit, creusés perpendiculairement, six mortiers dont la matière oscille entre 20 et 21 centimètres et la profondeur entre 22 et 27 centimètres.

Les habitants de la contrée, interrogés à ce sujet, ont affirmé qu'ils connaissaient d'autres pierres analogues, mais ils n'ont rien su dire relativement à leur origine, si ce n'est qu'elles étaient certainement l'œuvre d'Indiens qui avaient vécu à une époque très reculée. Mais ce qui ajoute à l'importance de cette trouvaille, c'est que dans son voisinage immédiat, sur une superficie de rochers dénudés de plus de 150 mètres carrés, l'auteur a découvert, creusés dans le granit, vingt-huit mortiers, la plupart présentant une profondeur égale à ceux cités plus haut, tandis que d'autres sont à moitié forés et d'autres à peine ébauchés — mais tous présentant le même diamètre Par leur vue d'ensemble, leur disposition en séries plus ou moins symétriques elles rappellent d'une manière frappante les rochers garnis d'écuelles de Chandeshwar dans les montagnes de Kamaon, dans l'Inde anglaise, qui ont été si bien décrites par M. Rivett-Carnac[1].

Dans les environs de la pierre et des rochers à mortiers de Capilla de Monte, M. le Dr Machon a trouvé également quelques fragments d'anciennes poteries et des traces de feu, dans des sortes de grottes creusées par l'action érosive des eaux et les intempéries dans d'énormes blocs erratiques de granit de consistance variable.

[1] Rivett-Carnac. *On some ancient sculpturings on roks in Kamaon, similar to those found on monoliths and roks in Europe*, 1877.

Il est plus que probable que, de même que dans le Vieux Monde, les pierres à mortiers comme les pierres à écuelles ont joué un certain rôle dans les cérémonies religieuses des premiers habitants de l'Amérique.

L'auteur signale en terminant le fait que parmi les objets préhistoriques qu'il a rapportés de Patagonie en 1892 existent plusieurs pilons en pierre, très bien travaillés et dont les dimensions correspondent à celles des mortiers qu'il vient de décrire.

M. le Dr H. Faes présente un nid de la *Mégachile* du rosier.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 13 Novembre 1902.

F. Ullmann et H. Bleier. Préparation de dérivés de l'*o*-aminobenzophénone et de la fluorénone. — A. Bach. L'acide ozonique. Action de l'acide chromique sur le réactif de Caro. — C. Græbe, Thévenaz et Kneeland. Condensation de l'anhydride phtalique avec les dérivés halogénés du benzène.

M. F. Ullmann décrit une nouvelle méthode générale de préparation de *dérivés de l'o-aminobenzophénone*, qu'il a étudiée en collaboration avec M. H. Bleier. Le point de départ est l'acide anthranilique (I); en le traitant par le *p*-sulfochlorure de toluène on obtient d'abord l'acide toluène-*p*-sulfoanthranilique (II), que l'on convertit au moyen du pentachlorure de phosphore dans son chlorure (III). Celui-ci est ensuite dissous dans le benzène et la solution additionnée de chlorure d'aluminium, ce qui fournit la toluène-*p*-sulfoaminobenzophénone (IV). Il ne reste plus qu'à saponifier cette dernière en la chauffant avec de l'acide sulfurique pour obtenir l'o-aminobenzophénone (V), fusible à 105°. Ces réactions successives sont exprimées par les formules suivantes :

$$\underset{\text{I.}}{C_6H_4<^{COOH\ (1)}_{NH_2\ \ (2)}} \rightarrow \underset{\text{II.}}{C_6H_4<^{COOH}_{NH.SO_2.C_7H_7}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \underset{\text{III.}}{C_6H_4<^{COCl}_{NH.SO_2.C_7H_7}} \rightarrow \underset{\text{IV.}}{C_6H_4<^{CO.C_6H_5}_{NH.SO_2.C_7H_7}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \underset{\text{V.}}{C_6H_4<^{CO.C_6H_5}_{NH_2}}$$

En remplaçant le benzène par le toluène, la naphtaline ou l'anisol, on obtient les cétones correspondantes. La réaction est particulièrement nette avec l'anisol; elle conduit à la 2-amino-4'-méthoxybenzophénone (VI), qui fond à 76°. Celle-ci fournit par diazotation et ébullition avec l'eau la 3-méthoxyfluorénone (VII) fusible à 99°, que l'on peut transformer en 3-oxyfluorénone (VIII) en la chauffant avec du chlorure d'aluminium :

CO ; NH_2 ; OCH_3 → CO ; OCH_3 →

VI. VII.

→ CO ; OH

VIII.

La 3-oxyfluorénone est jaune et se dissout en rouge orangé dans les alcalis. Les auteurs se proposent de préparer des dérivés semblables avec les dioxybenzènes et les naphtols, et d'étudier leurs propriétés tinctoriales.

M. A. Bach fait remarquer que l'*acide ozonique* de MM. Baeyer et Villiger n'est autre chose que le tétroxyde d'hydrogène dont il a cherché à démontrer expérimentalement l'existence[1].

M. Bach rend ensuite compte d'expériences relatives à *l'action de l'acide chromique sur le réactif de Caro*. Tandis que cette action est nulle lorsque le réactif est dilué avec de la glace, elle devient très énergique lorsque les deux substances sont mises en contact sans l'intermédiaire d'un dissolvant; il y a alors formation de sulfate de chrome et dégagement d'oxygène. Le réactif de Caro se comporte donc avec l'acide chromique à peu près comme avec l'acide permanganique[2]. Cependant, tandis que dans ce dernier

[1] *Archives*, **4**, 93; **10**, 287.

[2] *Archives*, **10**. 287.

cas il se dégage une quantité d'oxygène supérieure à celle qui correspond à l'acide permanganique, on recueille, avec l'acide chromique, un volume d'oxygène exactement conforme au rapport: $CrO_3 : H_2O_2 = 1 : 2$.

M. Bach pense que la réaction entre le peroxyde et l'acide permanganique a lieu autrement en solution sulfurique qu'en solution aqueuse. Il admet dans ce dernier cas, entre l'oxygène permanganique et l'oxygène du peroxyde, le rapport 1 : 1, et dans le premier cas le rapport 3 : 5.

M. le prof. GRÆBE a fait effectuer par deux de ses élèves des essais en vue de la préparation d'*acides o-benzoylbenzoïques substitués*. M. THÉVENAZ, en cherchant à condenser l'anhydride phtalique avec les trois dichlorobenzènes au moyen du chlorure d'aluminium, n'a obtenu que des résultats négatifs. Ce fait est curieux, étant donné que l'on peu inversement condenser sans difficulté le benzène avec les anhydrides dichlorophtalique et tétrachlorophtalique.

Afin d'expliquer cette anomalie M. KNEELAND a examiné au même point de vue les dérivés monohalogénés du benzène. Il a constaté que le bromobenzène ne fournit point d'acide benzoylbenzoïque bromé, et que le chlorobenzène ne donne que très peu d'acide benzoylbenzoïque chloré.

En revanche, le fluorobenzène lui a fourni d'assez grandes quantités d'acide benzoylbenzoïque fluoré, qu'il a pu convertir ensuite en fluoranthraquinone.

Il résulte de ces expériences que le poids atomique de l'halogène a une grande influence sur la facilité avec laquelle les benzènes halogénés se condensent avec l'anhydride phtalique.

Séance du 15 Janvier 1903.

C. Græbe. Constitution de l'acide ellagique. — C. Græbe et E. Martz. Synthèse de l'acide syringique. — A. Pictet, A. Geleznoff et H. Friedmann. Anhydrides mixtes organominéraux. — A. Pictet et P. Genequand. Tétranitrométhane. — F. Ullmann et A. Münzhuber. Tétraphénylméthane. — F. Reverdin et P. Crépieux. Dérivés de la diphénylamine et des phényltolylamines.

M. le prof. GRÆBE parle de la *constitution de l'acide*

ellagique, qui doit être exprimée, selon lui, par la formule

CO —— O
| OH
HO ⟨ ⟩——⟨ ⟩ OH
HO |
O —— CO

Celle-ci rend bien compte de toutes les propriétés chimiques de l'acide en question, ainsi que de sa formation par oxydation de l'acide gallique. Le fait qu'il fournit du fluorène lorsqu'on le distille sur la poudre de zinc n'est point en contradiction avec cette formule, car il résulte d'une observation de l'auteur que la biphényle-méthylolide,

CO —— O
⟨ ⟩——⟨ ⟩

donne aussi cet hydrocarbure dans les mêmes conditions.

M. GRÆBE annonce ensuite qu'il a réalisé. en collaboration avec M. E. MARTZ, la synthèse de l'*acide syringique*

OH
CH_3O ⟨ ⟩ OCH_3
COOH

Il a obtenu ce composé en chauffant l'acide triméthylgallique en tubes fermés à 100° avec de l'acide chlorhydrique concentré.

M. le prof. Amé PICTET a observé que les acides sulfurique, pyrophosphorique et borique peuvent former avec l'acide acétique des *anhydrides mixtes*, comparables à l'acide diacétylnitrique dont il a parlé dans une précédente

séance [1]. Il a étudié ces corps avec Mlle A. GELEZNOFF et M. H. FRIEDMANN.

L'anhydride sulfurique se combine avec une molécule d'acide acétique pour former l'*acide acétylsulfurique*, $SO_2(OH)(OCOCH_3)$, dont l'existence avait déjà été soupçonnée par M. Franchimont.

L'anhydride phosphorique se dissout dans l'acide acétique glacial en donnant l'*acide diacétylpyrophosphorique*

$$O<\begin{matrix}PO(OH)(OCOCH_3)\\PO(OH)(OCOCH_3)\end{matrix}$$

L'anhydride acétique réagit vivement sur l'acide borique, en donnant un corps bien cristallisé, fusible à 130°. De nouvelles analyses ont montré que ce composé n'est point l'*acide diacétylborique* $(CH_3COO)_2BOH$, ainsi que M. Pictet l'avait d'abord pensé [2], mais l'*anhydride triacétylborique* $B(OCOCH_3)_3$. Il réagit facilement avec un grand nombre de corps; l'eau le décompose en acides borique et acétique, les alcools en acide acétique et éthers boriques, l'ammoniaque gazeuse en acétamide et borate d'ammoniaque; le phénol et l'α-naphtol fournissent les borates neutres de phényle et de naphtyle, etc.

Dans une seconde communication, M. PICTET présente une observation qu'il a faite avec M. P. GENEQUAND au sujet de l'action de l'anhydride acétique sur l'acide diacétylnitrique. Lorsqu'on chauffe légèrement un mélange équimoléculaire de ces deux substances, il se produit une réaction très vive, avec dégagement de vapeurs nitreuses et d'acide carbonique. Si l'on verse ensuite le liquide dans de l'eau, on voit se déposer une huile jaune pâle, que l'on peut purifier par distillation à la pression ordinaire. Elle bout à 125° et se solidifie à basse température en une masse cristalline blanche, qui fond à 13°. Ce corps est le *tétranitrométhane*, $C(NO_2)_4$, que Schischkoff a obtenu en 1861, à partir du fulminate de mercure, par une suite d'opéra-

[1] *Archives*, **13**, 404.
[2] *Archives*, **14**, 184.

tions compliquées et dangereuses. Les auteurs profiteront de ce nouveau mode de préparation qui est beaucoup plus simple, pour étudier les principales réactions de ce composé.

M. F. ULLMANN rend compte de recherches qu'il a faites avec M. A. MÜNZHUBER sur le *tétraphénylméthane*. En traitant le triphénylcarbinol par le chlorhydrate d'aniline, on obtient le chlorhydrate du *p*-amino-tétraphénylméthane,

$$(C_6H_5)_3C\text{—}C_6H_4\text{—}NH_2 . HCl$$

Ce sel fond à 271°. La base libre est incolore et fond à 247°. Diazotée en solution acétique par le nitrite d'amyle et l'acide sulfurique, elle donne un sulfate de diazonium très stable, qui, décomposé par l'alcool, fournit le tétraphénylméthane. Celui-ci fond à 281° (Gomberg indique 267°) et distille sans décomposition à 431°.

M. F. REVERDIN a préparé, en collaboration avec M. P. CRÉPIEUX, un certain nombre de nouveaux *dérivés de la diphénylamine et des tolylphénylamines* Ils ont étudié surtout les tolyl-2'.4'-dinitrophénylamines. Les mono et dichloro-2'.4'-dinitrophénylamines, les dérivés des acides p-toluidine-o-sulfoniques et o toluidine-p-sulfoniques et les sulfamides correspondantes. Ces composés ont été obtenus par la méthode générale qui consiste à faire réagir le chlorodinitrobenzène sur les amines en présence de soude caustique; on opère, suivant les cas, en solution alcoolique au bain-marie, en solution alcoolique sous pression ou enfin par fusion au bain d'huile. Les auteurs signalent le fait que la facilité avec laquelle la condensation a lieu, varie suivant la nature et la position des groupes substituants. Ils ont étudié aussi les produits de la nitration des diphénylamines et des tolylphénylamines substituées, et constaté que les unes (celles qui sont substituées en *pp'*) fournissent plus spécialement des dérivés dinitrés, tandis que les autres donnent des dérivés mononitrés ou des mélanges. A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Léo Kœnigsberger. Hermann von Helmholtz, 2 beaux volumes avec plusieurs portraits. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1902.

L'Allemagne savante, la docte Allemagne se devait à elle-même d'élever un monument digne de lui au grand physiologiste et physicien qui fut une de ses plus pures gloires, à *Hermann Helmholtz*. Nous donnons ici, dans sa simplicité première, un nom qu'il a rendu illustre et que la particule, marque honorifique plus que justifiée, n'a pu grandir. Cet hommage posthume impatiemment attendu par les innombrables admirateurs de son œuvre vient de leur être offert dans l'ouvrage que nous tenons à signaler ici à l'attention de nos lecteurs. C'est en effet un beau livre, un très beau livre, dans toute l'étendue du terme, que nous donne aujourd'hui M. Léo Kœnigsberger.

Dans son introduction, il se demande très modestement si un spécialiste, un mathématicien comme lui était bien désigné pour retracer cette carrière si vaste, ce génie si universel, et donner de son grand modèle un portrait fidèle, nous n'hésitons pas à dire qu'il y a pleinement réussi. Nous sommes convaincus que cette belle biographie excitera dans le monde entier, où le nom d'Helmholtz est connu et aimé, le même intérêt sympathique, la même émotion admirative que rencontra cet autre monument littéraire et scientifique qui s'appelle « la vie de Pasteur ». C'est qu'il y a en effet une parenté, une parenté étroite même, entre les grands génies, entre ceux qui sont la manifestation la plus puissante de l'âme humaine dans ses

plus hautes aspirations. Helmholtz fut incontestablement un de ceux-là. C'est bien ainsi que nous le montre son biographe, et c'est ce qui fait l'intérêt supérieur de ce beau livre.

A côté du savant illustre et de son laboratoire, nous voyons tout le temps l'homme avec son intelligence toujours en travail, son imagination féconde toujours à la recherche du beau et du vrai, sachant les trouver dans les principes immuables de l'art comme dans les vérités abstraites de la science, au besoin dans l'alliance des deux.

Nous ne pouvons songer à analyser l'ouvrage que nous annonçons ici, déjà même un peu tardivement. Il faut le lire. et c'est chose facile, car le récit de cette noble vie est infiniment attachant. A marcher quelque temps en compagnie d'un homme de cette trempe, on goûte des jouissances infinies. Par un développement très logique et très clair, l'auteur nous permet de suivre sans effort la marche de cette brillante carrière à travers toutes les étapes qu'elle a parcourues, en laissant partout sa trace lumineuse. Les travaux et les découvertes, connus de tous, sont exposés par un ami qui nous fait vivre dans l'intimité de leur auteur. Il nous initie à sa pensée directrice par des emprunts continuels à sa correspondance, tant avec sa famille, son père surtout, homme distingué lui-même, qu'avec ses nombreux amis. Or ceux-ci sont précisément les savants les plus en vue de son temps. L'on devine sans peine ce que sont les confidences qu'ils se font.

Les divers chapitres se rapportent aux différentes phases de sa vie officielle, et c'est dans ces cadres successifs que se déroulent l'une après l'autre les nombreuses découvertes faites par Helmholtz. Ce fut en tout premier lieu son bel énoncé du « principe de la conservation de la force » qu'il donna lorsqu'il était comme médecin militaire à Postdam, à l'âge de 25 ans. Ce furent plus tard à Königsberg ses recherches sur la constitution de l'œil, plus tard encore à Bonn et à Heidelberg ses mémorables travaux sur le son et sur l'optique physiologique; c'est là que finit le 1[er] volume.

Tout cela est plus que connu, mais ce qui est captivant, c'est l'enchaînement de toutes ces dévouvertes, la suite logique de ce bel ensemble de travaux, et à côté de cela c'est, comme nous le disions, le grand et noble caractère dont il importe d'aller faire la connaissance sous la conduite fidèle de M. Kœnigsberger. C'est à quoi nous invitons le lecteur, sans pouvoir lui en dire davantage ici.

E. S.

O. D. Chwolson. Lehrbuch der Physik. Traduit du russe en allemand par H. Pflaume. 1er volume 790 pages.

Cet ouvrage dont la deuxième édition en russe est de 1900, vient de paraitre en allemand avec une introduction du professeur E. Wiedemann qui le recommande à tous ceux, maîtres et élèves, qui ont besoin d'un bon traité de physique élémentaire. Malgré les ouvrages nombreux similaires parus en allemand, ce traité sera utile par la disposition neuve du sujet et par sa mise au point jusqu'à une date récente par son auteur. Ce premier volume contient une introduction sur le but général de la physique et un chapitre étendu sur la mécanique et la pesanteur. L'auteur passe ensuite aux instruments et méthodes générales de mesure pour les longueurs, surfaces, volumes, angles, forces, etc. Les derniers chapitres sont consacrés aux propriétés générales des gaz, des liquides et des solides, sujet qui est traité d'une manière étendue et renferme des parties, comme la théorie cinetique des gaz par exemple, qui sont en général placées plus loin dans le chapitre de la chaleur. Les indications relatives aux sources sont nombreuses et comprennent beaucoup de citations de savants russes qui sont utiles à connaître. Les connaissances mathématiques nécessaires à sa lecture n'ont pas besoin d'être très étendues et l'auteur rappelle du reste, en plusieurs endroits les notions de ce genre les plus utiles. Ajoutons enfin que le volume richement illustré fait honneur comme beaucoup d'autres aux presses de F. Vieweg und Sohn. Il serait à désirer qu'un ouvrage de ce genre existât en langue française.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

R. THOMAS-MAMERT et A. STRIEBEL. CONDENSATION DE L'ÉTHER CÉTIPIQUE AVEC LES ORTHODIAMINES (*Bull. Soc. chim. Paris* [3], 25, 712-25, 20/7, Fribourg).

Action de l'*o*-phénylènediamine sur l'éther cétipique.

En chauffant pendant une heure ou deux des quantités équimoléculaires d'éther cétipique $CO_2C_2H_5 - CH_2 - CO - CO - CH_2 - CO_2C_2H_5$ et d'*o*-phénylènediamine dans une atmosphère d'hydrogène, on obtient l'éther éthylique de l'acide benzoquinoxalinediéthylique $C_{16}H_{18}O_3N_2$, cristallisant en prismes jaunes F = 58°.

Action de la 1.3.4 toluylènediamine sur l'éther kétipique. Avec les quantités équimoléculaires de toluylènediamine $C_6H_3(CH_3)^1(NH_2)_2^{3.4}$ et d'éther cétipique, il se forme l'éther éthylique de l'acide 1.3.4 toluquinoxalinediéthylique $C_{17}H_{20}O_4N_2$ fusible à 59°.

G. AUERBACH. SUR L'ÉLECTROLYSE DE L'IODURE ET DU CHLORURE DE PLOMB RELATIVEMENT A L'EMPLOI DE LA LOI DE FARADAY ET A LA THÉORIE DE L'ÉLECTROLYSE DES SELS FONDUS (*Z. anorg. Ch.*, 28, 1-45, 31/7 [10/6], Zurich).

W. KARO. SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'URINE APRÈS L'INGESTION DE L'ESSENCE DE SANTAL (*Arch. exp. Pathol. und Pharmak.*, 46, 242-46, 26-7, Berne).

Malgré les rapports pharmacologiques étroits existant entre l'essence de santal et le baume de copahu, l'urine, après ingestion de la première de ces substances, ne fournit pas sous l'influence des acides la coloration caractéristique que donne le copahu. L'addition d'acide chlorhydrique concentré détermine dans les deux cas la précipitation des acides résiniques, mais ce phénomène disparait au bout de 12 à 15 heures dans le premier, tandis qu'il persiste plusieurs jours dans le second.

Une propriété caractéristique de l'urine éliminée après ingestion d'essence de santal est son pouvoir réducteur considérable à l'égard du réactif de Nylander.

A. SCHMID et E. PHILIPPE. ANALYSE DES PATES ALIMENTAIRES A BASE D'ŒUF (*Schweiz. Wochschr. Pharm.*, 39, 339-44, 20/7, Frauenfeld).

A. SCHMID et E. RÜTTIMANN. ESSAIS RELATIFS A L'EXAMEN DES PATES D'APRÈS HALENKE ET MÖSLINGER (*Schweiz. Wochschr. Pharm.*, 39. 341-43. 20/7. Frauenfeld).

R. HÖBER. SUR LA RÉSORPTION INTESTINALE (*Pflüger's Arch.*, 86. 199/214, 7/8. Zurich).

Dans une communication précédente (*Pflüger's Arch.*, 74, 246; C. 99, I, 851), l'auteur a montré que pour les sels et les hydrates de carbone, la vitesse de résorption et la vitesse de diffusion marchent parallèlement, mais que, pour d'autres substances, telles que l'urée et surtout l'alcool, qui sont aptes à pénétrer dans les protoblastes vivants, la résorption est beaucoup plus rapide que la vitesse de diffusion permet de le prévoir. Il en avait conclu que les premières de ces combinaisons, au moment de la résorption dans le canal intestinal, ne passent qu'à travers les substances intercellulaires mortes, tandis que les autres, comme l'urée et l'alcool, s'introduisent directement dans les cellules épithéliales vivantes.

A l'aide de réactions colorées, l'auteur est arrivé à établir la preuve directe de sa manière de voir.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1903

Le 1er, légère chute de grésil et de neige dans la matinée ; forte gelée blanche le soir.
2, forte gelée blanche le matin ; pluie depuis 7 h. du soir.
3, pluie dans la nuit jusqu'à 7 h. du soir.
5, pluie dans la nuit ; très forte rosée le soir ; superbe couronne lunaire.
6, légère gelée blanche le matin ; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
7, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir.
8, gelée blanche le matin ; halo et couronne lunaires.
9, forte gelée blanche le matin.
10, pluie dans la nuit jusqu'à 1 h. du soir.
11, pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
12, pluie dans la nuit ; neige depuis 2 h. 30 min. du soir ; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
13, neige dans la nuit et de 1 h. à 4 h. du soir ; très forte bise pendant tout le jour.
14, très forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir ; neige à 10 h. du matin.
17, neige à 7 h. et depuis 10 h. du soir, haut. $0^{cm},5$.
18, neige le matin jusqu'à 1 h. du soir.
20, léger brouillard le soir.
23, neige à 7 h. du soir.
24, très forte gelée blanche le matin et le soir.
25 au 28, très forte gelée blanche le matin.
30, très forte gelée blanche le matin et le soir.
31, très forte gelée blanche le matin, persistant à l'ombre pendant tout le jour.

Hauteur totale de la neige : $0^{cm},5$, tombée en un jour.

ır ıs	Pression atmosphérique 700mm +					Barographe		Vent					Nébulosité				Durée d'insolation	Pluie	
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.		Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	21.9	22.6	26.0	23.11	− 4.71	20.3	26.5	S. 0	WSW. 1	N. 1	var.	2.3	10	0	1	4	3.9	....	....
2	27.3	27.2	27.9	27.29	− 0.55	26.3	28.2	S. 0	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	5.2	10	10	10	10	....	7.8	12
3	28.5	29.1	30.5	29.22	+ 1.36	28.0	31.0	SE. 0	N. 1	NW. 0	NNE. 1	4.6	10	10	10	10	....	**12.7**	10
4	31.5	31.9	31.1	31.48	+ 3.61	30.8	32.5	SSW. 1	SSW. 1	W. 1	SSW. 1	8.7	10	10	9	9	....	0.6	1
5	30.9	29.7	29.1	30.13	+ 2.24	28.5	31.5	N. 0	SW. 0	N. 0	N. 1	4.8	10	9	1	5	3.5	....	....
6	27.1	24.9	23.9	25.94	− 1.96	24.0	28.4	S 0	S. 0	S. 0	SSW. 1	2.5	10	1	0	3	4.0	....	....
7	23.3	24.1	25.9	24.33	− 3.58	22.8	26.5	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	15.1	8	2	7	5	2.5	....	....
8	26.2	25.9	25.2	25.90	− 2.01	25.3	27.0	S. 0	NE. 1	S. 0	calme	1.2	0	6	10	6	2.6	....	....
9	23.3	22.2	21.9	22.88	− 5.04	21.5	24.9	S. 0	S. 0	S. 0	calme	0.8	0	6	9	5	0.3	1.4	2
0	21.9	20.5	18.4	20.52	− 7.40	17.7	21.9	SW. 1	SW. 0	N. 0	var.	2.5	10	10	10	10	....	4.4	5
1	15.4	15.4	19.4	**17.06**	**−10.86**	**15.4**	19.3	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.6	10	10	10	10	....	11.4	**18**
2	17.0	17.2	21.1	18.54	− 9.38	17.0	21.3	S. 0	SW. 1	NNW. 1	NNE. 1	6.9	10	10	10	10	....	2.2	2
3	20.5	20.4	23.9	21.59	− 6.33	20.4	24.1	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 3	**38.8**	10	10	10	10	....	....	....
4	27.4	29.4	31.0	28.93	+ 1.02	25.4	31.4	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 3	25.1	10	10	10	10	....	....	....
5	32.9	34.1	35.4	33.67	+ 5.77	31.7	35.1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	12.4	10	10	10	10	....	....	....
6	35.5	35.3	34.3	35.10	+ 7.21	34.2	35.8	NE. 1	E. 1	E. 1	NNE. 1	10.5	10	10	10	10	....	....	....
7	34.7	34.8	34.3	34.77	+ 6.89	34.3	35.3	ESE. 1	E. 1	E. 1	ESE. 1	4.1	10	10	10	10	....	0.5	6
8	35.6	35.7	36.4	35.78	+ 7.91	34.9	36.4	S. 0	S. 0	S. 0	calme	0.6	10	10	10	10	....	1.2	3
9	35.2	35.2	35.0	35.24	+ 7.39	34.7	35.9	S. 0	S. 0	SE. 0	calme	0.6	10	10	10	10	....	....	....
0	34.3	33.4	32.4	33.68	+ 5.85	32.4	34.7	SE. 0	SE. 0	N 0	calme	1.7	10	10	6	8	....	....	....
1	32.1	32.4	33.7	32.73	+ 4.92	32.0	34.1	SE. 0	N. 1	E. 1	var.	4.2	10	3	10	8	2.7	....	....
2	33.2	32.0	31.1	32.40	+ 4.61	31.1	33.9	E. 1	NE. 0	E. 0	var.	3.1	10	10	10	10	....	....	....
3	30.3	30.0	32.5	30.82	+ 3.05	30.0	33.0	E. 1	S. 0	S. 0	var.	3.1	10	10	10	10	....	....	....
4	34.2	35.1	36.5	34.92	+ 7.18	32.9	36.4	S. 0	N. 1	E. 0	var.	3.1	0	2	1	3	3.8	....	....
5	37.5	37.4	38.2	37.41	+ 9.70	36.4	38.3	E. 0	N. 1	S. 0	calme	0.6	0	3	9	4	3.1	....	....
6	40.2	40.4	40.6	**40.15**	**+12.47**	38.7	**41.0**	S. 0	NE. 1	SE. 0	calme	1.3	3	1	1	3	4.0	....	....
7	40.2	39.0	37.8	39.27	+11.62	37.3	**41.0**	S. 0	S. 0	S. 0	calme	1.9	1	1	0	1	6.2	....	....
8	35.5	34.9	36.9	35.95	+ 8.34	34.8	37.2	S. 1	SW. 1	SE. 0	SE. 1	3.3	0	0	0	0	**7.1**	....	....
9	38.9	39.7	40.2	39.15	+11.58	37.2	40.5	SW. 1	N. 1	S. 0	Calme	1.7	8	0	0	1	6.7	....	....
0	40.3	39.3	38.1	39.44	+11.91	37.8	40.6	S. 0	S. 0	S. 0	Calme	0.4	1	0	0	0	5.6	....	....
1	35.4	33.5	30.3	33.76	+ 6.27	29.2	37.9	S. 0	N.)	E. 0	var.	4.6	0	0	0	0	5.4	....	....
ıs	30.58	30.41	30.93	30.68	+ 3.31							5.64	7.1	6.3	6.6	6.6	61.4	42.2	59

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 0.6	+ 6.2	- 0.9	+ 0.85	+ 1.06	- 2.7	+ 6.2	89	54	83	76	-10	54	90	....	.....	1615
2	- 1.7	4.0	+ 4.4	1.31	+ 1.55	- 3.9	6.3	86	53	92	76	-10	53	87	6.0	+ 0.5	1586
3	+ 5.0	6.3	7.[illegible]	6.01	+ 6.27	+ 4.4	7.9	96	93	91	93	+ 7	90	96	6.2	+ 0.8	1570
4	6.8	11.6	8.3	8.31	+ 8.59	5.8	12.1	91	62	76	79	- 7	62	91	....	.....	1635
5	+ 7.8	14.3	5.1	**8.61**	+ **8.90**	+ 2.5	**14.8**	86	69	59	83	- 3	69	97	6.3	+ 1.0	1595
6	- 0.4	6.6	5.2	3.10	+ 3.41	- 1.2	9.2	96	94	91	93	+ 7	80	100	6.0	0.7	1645
7	+ 7.8	11.8	8.7	8.46	+ 8.78	+ 4.0	12.6	70	50	63	**65**	**-21**	50	85	6.0	0.8	1645
8	1.4	7.4	2.5	3.92	+ 4.24	+ 1.0	8.5	85	61	92	79	- 7	61	93	6.0	0.8	1620
9	0.1	8.2	2.8	3.13	+ 3.45	- 0.2	8.9	93	62	86	83	- 3	61	95	5.8	0.6	1645
10	3.4	7.6	5.8	5.00	+ 5.32	+ 1.3	9.0	98	92	97	**95**	+ **9**	91	100	5.7	+ 0.6	1615
11	7.0	7.4	+ 2.4	5.37	+ 5.69	+ 1.8	10.9	83	85	95	89	+ 3	75	100	....	.....	1585
12	+ 1.7	+ 4.3	- 1.6	+ 1.33	+ 1.64	- 2.0	+ 4.9	95	86	95	92	+ 6	77	100	5.7	+ 0.6	1625
13	- 3.0	- 1.6	- 2.6	- 2.20	- 1.90	- 3.7	- 0.1	83	87	83	82	- 4	76	88	4.7	- 0.3	1675
14	- 3.3	- 3.2	- 4.4	- 3.61	- 3.32	- 5.0	- 2.5	91	78	86	87	+ 1	78	91	4.4	- 0.6	1640
15	- 5.0	- 4.2	- 5.0	- 4.69	- 4.42	- 5.4	- 3.3	90	78	85	84	- 2	66	92	4.2	- 0.8	1630
16	- 5.8	- 4.4	- 5.2	- **5.25**	- **5.00**	- 6.2	- 4.0	92	86	91	91	+ 5	86	94	3.7	- 1.2	1595
17	- 5.8	- 4.6	- 3.4	- 4.70	- 4.47	- **6.4**	- 3.0	94	89	87	91	+ 5	87	94	3.6	- 1.3	1615
18	- 3.6	- 0.4	- 0.7	- 1.96	- 1.76	- 4.1	+ 0.2	95	85	92	91	+ 5	85	95	....	.....	1585
19	- 1.2	+ 1.4	- 0.1	- 0.01	+ 0.17	- 1.5	2.3	96	77	96	90	+ 4	77	96	4.7	- 0.2	1570
20	- 0.4	+ 1.8	- 0.8	+ 0.17	+ 0.31	- 1.3	3.4	95	81	96	90	+ 4	80	95	4.7	- 0.2	1550
21	- 1.0	- 0.1	- 1.6	- 0.83	- 0.72	- 2.0	+ 1.1	92	84	92	90	+ 4	84	95	5.0	+ 0.1	1550
22	- 3.0	- 1.4	- 2.2	- 2.41	- 2.34	- 3.8	- 0.2	91	84	91	89	+ 3	83	92	4.6	- 0.2	1512
23	- 4.3	- 0.4	- 0.3	- 2.26	- 2.23	- 5.0	+ 0.4	94	82	88	89	+ 3	82	94	4.7	- 0.1	1515
24	- 3.8	+ 1.7	- 1.4	- 1.10	- 1.11	- 4.5	2.7	94	73	92	84	- 2	62	94	4.4	- 0.4	1505
25	- 5.3	2.0	- 0.5	- 1.64	- 1.70	- 6.0	3.0	95	62	85	82	- 3	60	96	....	.....	1500
26	- 4.0	3.8	- 0.3	- 0.10	- 0.20	- **4.7**	6.0	95	58	97	83	- 2	58	96	4.4	- 0.4	1455
27	- 3.0	7.6	+ 0.6	+ 1.76	+ 1.61	- 3.6	9.0	97	52	82	78	- 7	51	97	4.5	- 0.3	1437
28	- 2.4	11.0	2.6	3.01	2.80	- 3.0	12.0	92	45	80	74	-11	**45**	96	4.6	- 0.2	1450
29	+ 1.4	5.8	+ 0.2	+ 2.56	+ 2.30	- 1.2	7.2	85	58	84	74	-11	58	85	4.8	0.0	1455
30	- 4.2	6.2	- 2.4	- 0.52	- 0.84	- 5.0	7.0	96	54	96	84	- 1	54	96	4.7	- 0.1	1430
31	- 6.0	+ 2.2	+ 0.5	- 1.30	- 1.68	- 6.2	+ 4.8	100	63	91	87	+ 2	63	100	4.8	0.0	1430
Mois	- 0.82	+ 3.84	+ 0.75	+ 0.98	+ 1.06	- 2.19	+ 5.07	91	72	88	85	- 1			5.01	- 0.10	1564

MOYENNES DE GENÈVE. — JANVIER 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : $+ 0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.10	26.05	26.18	26.91	25.81	25.66	25.84	26.10	26.08
2e »	28.78	28.77	28.84	29.63	29.10	29.62	30.31	30.44	29.44
3e »	36.15	36.01	36.17	36.76	35.79	35.33	35.79	36.00	36.00
Mois	30.53	30.46	30.58	31.28	30.41	30.37	30.81	31.02	30.68

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 3.31	+ 2.98	+ 2.96	+ 4.53	+ 8.40	+ 6.57	+ 5.52	+ 4.70	+ 4.87
2e »	— 1.81	— 2.04	— 1.94	— 1.14	— 0.35	— 0.97	— 1.87	— 2.32	— 1.55
3e »	— 2.32	— 2.95	— 3.24	— 0.64	+ 3.49	+ 3.52	+ 0.92	— 0.84	— 0.26
Mois	— 0.34	— 0.75	— 0.82	+ 0.87	+ 3.84	+ 3.05	+ 1.50	+ 0.47	+ 0.98

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
1re décade	86	88	89	81	69	75	84	87	82
2e »	91	92	91	89	83	84	87	91	89
3e »	92	93	94	84	65	67	81	89	83
Mois	90	91	91	85	72	75	84	89	85

Dans ce mois l'air a été calme 478 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{64}{32} = 2.00$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 33°.74 E.

Son intensité est égale à 16.51 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	730.64
Nébulosité..................	6.7
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 1°.26
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+ 1°.13
Fraction de saturation........	84 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	727.37
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	48mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne... (id.).	— 0°.08
Fraction de saturat. (1849-1875).	86 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	55.9	38.2	39.8	36.7	43.0	32.0	?

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	45.6	42.2	40.6	36.2	37.7	39.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 71 h.5.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1903

Le 2, fort vent à 1 h. et neige à 9 h. du soir.
3, forte bise pendant tout le jour; neige.
5, forte bise le matin; neige.
6, fort vent le soir; grande sécheresse de l'air, 10 % à 11 h. du matin.
7 au 10, très fort vent pendant tout le jour.
11. neige.
12, très forte bise et neige.
13 et 14, neige.
16, grande sécheresse de l'air, l'hygromètre indique 0 % à 4 h. du soir.
17 au 21, très fort vent.
24, très forte bise; neige.
Du 29, à 10 h. du soir, au 30, à midi, grande sécheresse de l'air, 12 % à 10 h. du soir, 10 % à 7 h. et à 11 h. du matin.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	54.6	55.6	58.1	56.1	− 5.3	54.0	59.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	1	0	....	....
2	60.5	61.9	63.4	61.9	+ 0.6	59.8	63.6	NE. 1	SW. 2	SW. 1	var.	5	7	10	7	....	....
3	64.3	64.9	65.9	65.0	+ 3.7	64.2	66.0	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	9	4	8	7	**26.7**	**34**
4	66.5	66.4	67.1	66.7	+ 5.4	66.4	67.5	SW. 1	SW. 0	SW. 1	SW. 1	6	7	5	6	2.0	3
5	66.8	66.8	67.5	67.0	+ 5.7	66.5	67.7	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	4	0	5	22.0	20
6	66.3	65.3	64.6	65.4	+ 4.2	64.0	67.0	NE. 1	SW. 0	SW. 2	var.	0	0	0	0	....	....
7	62.8	62.7	63.6	63.0	+ 1.8	62.5	63.8	SW. 4	SW. 3	SW. 2	SW. 3	4	10	2	5	....	....
8	63.8	64.0	64.2	64.0	+ 2.8	63.4	64.5	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	10	6	5	....	....
9	63.2	62.6	63.0	62.9	+ 1.7	62.4	63.7	SW. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	....	....
10	62.1	60.6	59.2	60.6	− 0.6	58.9	62.8	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	8	10	9	....	....
11	57.2	56.2	54.0	55.8	− 5.3	53.1	58.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	9	10	10	10	12.0	15
12	51.9	50.7	51.6	**51.4**	− **9.7**	50.5	52.7	NE. 3	NE. 4	NE. 1	NE. 3	10	10	7	9	20.8	22
13	51.2	51.3	53.5	52.0	− 9.1	**50.0**	55.1	NE. 2	SW. 2	SW. 1	var.	9	9	10	9	9.8	5
14	56.7	57.9	60.2	58.3	− 2.7	56.3	61.0	NE. 1	NE. 1	SW. 2	var.	0	0	3	1	5.7	7
15	62.7	64.2	64.7	63.9	+ 2.9	62.5	64.9	NE. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	5	2	2	....	....
16	64.8	65.1	64.9	64.9	+ 3.9	64.6	65.7	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
17	65.1	65.5	65.3	65.3	+ 4.3	64.9	65.9	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	0	0	0	....	....
18	65.2	67.0	67.7	66.6	+ 5.7	65.0	68.0	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	2	7	2	4	....	....
19	67.0	67.1	66.9	67.0	+ 6.1	66.5	67.5	SW. 4	SW. 2	SW. 2	SW. 2	4	3	2	3	....	....
20	66.4	65.9	65.3	65.9	+ 5.0	64.0	66.0	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW 2	0	6	3	3	....	....
21	64.3	64.7	65.6	64.9	+ 4.1	64.0	65.8	SW. 2	SW. 2	NE. 2	var.	0	0	0	0	....	....
22	64.5	63.6	63.3	63.8	+ 3.0	63.0	64.8	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
23	62.3	62.4	62.7	62.5	+ 1.7	62.0	63.1	SW. 2	NE. 1	NE. 2	var.	1	4	7	4	....	....
24	63.8	64.6	66.5	65.0	+ 4.3	63.5	67.1	NE. 3	NE. 3	NE 3	NE. 3	10	0	1	4	4.2	5
25	68.0	69.2	70.5	69.2	+ 8.5	67.9	71.4	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	0	2	0	1	....	..
26	72.5	73.6	74.9	73.7	+ 13.1	72.0	**75.8**	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
27	74.9	74.7	74.3	**74.6**	+ **14.0**	74.0	75.1	NE. 0	NE. 1	SW. 1	var.	1	0	0	0	....	....
28	71.5	70.5	70.0	70.7	+ 10.1	69.5	72.3	SW. 0	SW. 0	NE. 1	var.	0	0	0	0	....	....
29	70.8	71.1	72.1	71.3	+ 10.8	70.4	72.5	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	2	0	0	1	...	....
30	71.6	71.3	70.8	71.2	+ 10.7	70.0	72.1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
31	68.9	67.6	65.7	67.4	+ 6.9	65.1	69.7	NE. 1	NE. 1	SW. 2	var.	1	0	0	0	....	....
Mois	64.26	64.35	64.75	64.45	+ 3.97							3.3	3.7	3.2	3.1	103.2	111

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-15.5	-12.5	-13.8	-13.9	- 5.3	-17.5	-10.8	62	64	57	61	55	68
2	-10.2	- 7.4	- 5.5	- 7.7	+ 0.9	-14.5	- 3.5	71	80	99	83	58	100
3	- 2.5	- 0.5	- 3.0	- 2.0	+ 6.7	- 5.8	+ 0.1	100	88	100	96	51	100
4	- 6.2	- 3.3	- 2.9	- 4.1	+ 4.6	- 6.6	- 2.7	70	45	48	54	42	88
5	- 2.4	+ 0.1	+ 0.1	- 0.7	+ 8.0	- 3.1	+ 0.2	100	64	36	67	28	100
6	+ 1.2	+ 2.0	- 2.6	+ 0.2	+ 9.0	- 2.6	+ 2.7	11	11	30	17	10	40
7	- 7.4	- 8.0	-10.0	- 8.5	+ 0.3	-10.7	- 2.7	39	99	96	78	36	99
8	- 7.3	- 9.7	- 7.8	- 8.3	+ 0.5	-11.0	- 6.8	43	99	100	81	33	100
9	- 6.5	- 6.0	- 5.3	- 5.9	+ 2.9	- 8.1	- 5.1	100	100	100	100	100	100
10	- 4.6	- 3.4	- 4.4	- 4.1	+ 4.8	- 5.5	- 3.3	100	100	100	100	100	100
11	- 5.0	- 4.5	- 7.4	- 5.6	+ 3.3	- 7.7	- 4.0	100	100	100	100	96	100
12	-10.1	- 8.8	-13.6	-10.8	- 1.9	-14.3	- 8.0	99	96	93	96	75	100
13	-15.6	-12.6	-15.1	-14.4	- 5.5	-17.5	-12.0	91	94	94	93	89	95
14	-17.1	-12.6	-13.2	-14.3	- 5.3	-18.2	-10.6	90	75	80	82	55	92
15	-13.2	-11.3	-11.4	-12.0	- 3.0	-14.8	-10.8	68	77	80	75	65	85
16	-13.6	- 6.6	-12.0	-10.7	- 1.7	-15.0	- 4.5	72	0	22	31	0	75
17	-10.4	-11.3	-12.8	-11.5	- 2.5	-15.3	- 9.5	17	33	57	36	16	64
18	-14.2	-11.4	-10.8	-12.1	- 3.1	-16.0	-10.0	60	59	68	62	55	85
19	-10.5	- 9.4	-11.8	-10.6	- 1.6	-13.5	- 8.5	39	41	25	35	20	70
20	-11.6	-11.9	-12.4	-12.0	- 3.0	-13.6	- 9.6	25	18	47	30	18	57
21	- 7.8	- 5.2	- 8.4	- 7.1	+ 2.0	-13.0	- 3.0	55	52	35	47	30	60
22	-10.2	- 7.6	-12.0	- 9.9	- 0.8	-13.0	- 7.0	42	40	52	45	35	59
23	- 8.9	- 6.6	-11.2	- 8.9	+ 0.2	-13.4	- 5.0	22	20	100	47	19	100
24	-12.8	-11.4	-12.6	-12.3	- 3.2	-14.6	-10.2	100	100	38	79	32	100
25	- 8.8	- 3.4	- 4.7	- 5.6	+ 3.5	-13.8	- 1.4	53	64	70	62	33	75
26	- 5.2	- 2.8	- 2.8	- 3.6	+ 5.5	- 6.1	- 0.6	40	38	30	36	30	59
27	- 1.4	+ 1.5	- 0.2	0.0	+ 9.1	- 3.6	+ 3.2	48	41	46	45	36	52
28	- 0.6	+ 1.0	- 4.7	- 1.4	+ 7.7	- 6.7	+ 3.0	27	17	43	29	15	50
29	- 8.8	- 7.4	- 6.8	- 7.7	+ 1.4	-10.0	- 5.3	84	85	13	61	12	90
30	- 5.6	- 1.8	- 7.0	- 4.8	+ 4.3	- 7.4	- 0.1	10	18	20	16	10	24
31	- 8.7	- 6.9	-10.4	- 8.7	+ 0.4	-11.9	- 4.9	25	44	63	44	22	90
Mois	- 8.44	- 6.44	- 8.27	- 7.72	+ 1.32	-11.12	- 4.86	60	60	63	61	41	80

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.09	63.08	63.66	63.26	70	75	77	74
2e »	60.82	61.09	61.41	61.11	66	59	67	64
3e »	68.46	68.48	68.76	68.57	46	47	46	46
Mois	64.26	64.35	64.75	64.45	60	60	63	61

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+9\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.14	— 4.87	— 5.52	— 5.51	— 5 51
2e »	— 12.13	— 10.04	— 12.05	— 11.41	— 11.57
3e »	— 7.16	— 4.60	— 7.35	— 6.37	— 6.61
Mois	— 8.44	— 6.44	— 8.27	— 7.72	— 7.86

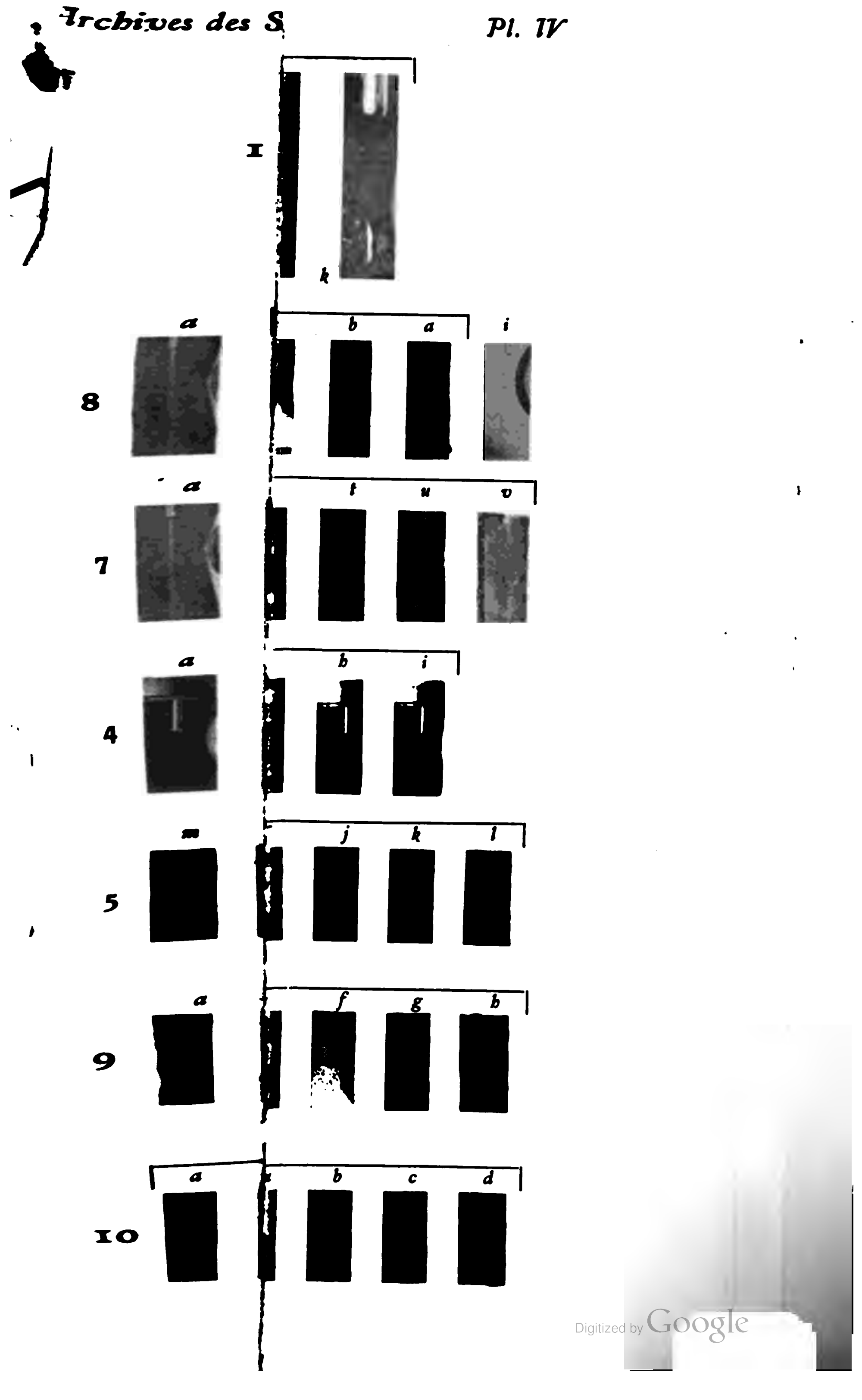
Dans ce mois l'air a été calme 65 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{66}{91} = 0.73.$

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 26.88 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	22.6	24.2	33.3	103.2
Neige en centimètres....	1cm	13cm	40cm	111cm


1
k
8
a
b
a
i
7
a
t
u
v
4
a
b
i
5
m
j
k
l
9
a
f
g
h
10
a
b
c
d

M

Cor

B

ap

1re d

2e

3e

M

1re d

2e

3e

M

Eau

Neig

LES
APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par Ch.-Éd. GUILLAUME

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Dans un précédent mémoire[1] consacré à la descriptions des singulières propriétés des aciers au nickel, j'ai fait une rapide allusion aux applications que leur anomalie de dilatation permettait dès le début d'espérer. Ces prévisions se sont entièrement réalisées, avec plus ou moins d'extension suivant les besoins de la science ou de l'industrie, et ont à leur tour conduit à des résultats scientifiques sur lesquels il me paraît intéressant de revenir.

Les applications dont il s'agit ici ont pour point de départ soit la très faible dilatation de ces alliages, soit la possibilité d'obtenir une dilatation qui, sans être faible est déterminée d'avance, soit enfin la forme de la fonction de dilatation pour un alliage particulier, c'est-à-dire la valeur relative des coefficients du terme linéaire et du terme quadratique dans la formule qui exprime la dilatabilité pour un intervalle de température étendu. Une anomalie semblable à celle de la dila-

[1] Ch.-Éd. Guillaume. Recherches sur le nickel et ses alliages, *Archives*, 4e série, t. 5, p. 255, 1898.

tation affecte les lois régissant les propriétés élastiques de ces alliages; cette anomalie est due aux mêmes causes que la précédente, comme je me propose de le montrer prochainement; elle aussi peut donner lieu à d'intéressants emplois.

Pour rendre ces applications plus facilement intelligibles, il me paraît utile de rappeler quelles sont les propriétés dont il sera fait usage, en ajoutant, à une rapide esquisse de celles qui ont déjà été décrites, quelques indications sur les faits qui sont venus s'y ajouter dans ces dernières années.

PREMIÈRE PARTIE

PROPRIÉTÉS DES ACIERS AU NICKEL RÉVERSIBLES

CHAPITRE PREMIER

Notions générales

Les alliages de fer et de nickel qui contiennent plus de 26 % de ce dernier métal en même temps que de petites quantités de carbone, de silicium et de manganèse, possèdent, au moins en première approximation et aux températures ordinaires, des propriétés réversibles, en ce sens que, lorsqu'on les ramène à une température déterminée après leur avoir fait parcourir un cycle quelconque de températures, ils reprennent sensiblement les mêmes propriétés.

Ce fait que j'avais cru pouvoir énoncer sans restriction, doit cependant être rectifié sur un point. Lorsqu'on refroidit graduellement un alliage d'une teneur

comprise entre 26 et 31 °/₀ de nickel environ, on voit, comme pour tous les réversibles, son magnétisme apparaître à une certaine température, fonction de la teneur, et s'accroître graduellement à mesure que la température s'abaisse. Si le refroidissement n'a pas été poussé très loin, l'alliage repasse, lorsqu'on le réchauffe, par les mêmes états qu'au refroidissement. Mais si la température a été très fortement abaissée et d'autant plus que l'alliage est plus riche en nickel, il prend des propriétés qu'il ne perd plus qu'à une température élevée. En d'autres termes, les transformations sont réversibles entre certaines limites de température, et irréversibles lorsque ces limites sont dépassées.

Ces faits, découverts par M. L. Dumas[1], l'ont conduit à montrer par de très nombreuses expériences que les deux courbes de transformation, réversible et irréversible, se coupent et se prolongent de chaque côté de leur point d'intersection, mettant ainsi en évidence deux transformations apparemment indépendantes, que M. Dumas avait attribuées d'abord aux modifications individuelles du fer et du nickel[2].

Pour provoquer la transformation irréversible dans un alliage à 31 °/₀ de nickel, M. Dumas a été obligé de recourir au refroidissement par l'air liquide, et d'aider la transformation par une trempe et un marte-

[1] L. Dumas. Sur la position des points de transformation magnétique des aciers au nickel. *C. R.*, t. CXXIX, p. 42, 1899.

[2] La théorie très séduisante de M. Dumas expliquait avec une extrême simplicité les transformations magnétiques des alliages, mais s'est montrée insuffisante dans l'interprétation des variation de volume qu'éprouvent les alliages réversibles sous l'action des changements de la température.

lage[1]. Au delà, la transformation existe sans doute, mais n'a pas encore pu être produite par le refroidissement[2].

Cette remarque était nécessaire pour qu'il soit bien entendu que, lorsqu'on parlera d'alliages réversibles, on comprendra des alliages d'une teneur en nickel supérieure à 26 °/₀, *dans les limites où leurs transformations restent une fonction bien définie de la température.*

Comme les premiers alliages peu dilatables qui nous occuperont surtout contiennent environ 36 °/₀ de nickel, leur température de transformation irréversible est certainement beaucoup plus basse que celle à laquelle se produit l'ébullition de l'air liquide, et nous n'aurons pas à envisager en pratique la possibilité de cette transformation

Il est utile de rappeler aussi que les aciers-nickels prennent un beau poli et se prêtent à d'admirables tracés ; ils sont suffisamment élastiques, après un simple laminage qui les écrouit fortement, pour permettre de faire des ressorts passables bien que sensiblement inférieurs à ceux d'acier trempé et revenu ; la limite élas-

[1] L. Dumas. Recherches sur les aciers au nickel à hautes teneurs, p. 85. (Paris, Dunod, 1902). Cet ouvrage, consacré surtout à l'étude des propriétés magnétiques et mécaniques des aciers au nickel et de quelques autres alliages, contient une foule de données particulièrement précieuses pour les métallurgistes, mais aussi d'un grand intérêt pour les physiciens.

[2] J'ai étudié ultérieurement les variations de volume de ces alliages avant et après leur transformation; les résultats obtenus dans ces recherches sont importants en vue de l'établissement de la théorie des aciers au nickel, et je me propose d'y revenir à une autre occasion.

tique diminue lorsqu'augmente la teneur en nickel. La résistance à l'oxydation varie dans le même sens, et, dans les barres bien polies, est suffisante à partir de 36 °/₀ environ, pour qu'on puisse sans crainte les laisser séjourner pendant des heures, ou même des journées, dans l'eau aux températures ordinaires.

Les alliages réversibles se travaillent bien au tour, à la raboteuse, à la lime ou à la fraise, à la condition que l'outil soit robuste et attaque lentement; le meulage est avantageux surtout pour l'écroutage. En général, un travail à trop grande vitesse fait agir les alliages à la façon d'une meule, et produit une usure extrêmement rapide des outils d'acier.

CHAPITRE II

Anomalie de dilatation

Description générale du phénomène. — Ainsi que je l'ai indiqué dans mon premier mémoire, la dilatation des divers alliages réversibles traverse des phases distinctes que l'on peut caractériser comme suit :

1° A des températures généralement élevées, les alliages sont non magnétiques; leur dilatation est alors considérable, de l'ordre de celle du laiton, c'est-à-dire de 18 millioniémes environ par degré (dilatation linéaire) pour les alliages à teneur relativement faible en nickel, et s'abaisse lorsque la teneur en nickel augmente;

2° A une température plus basse, le magnétisme apparaît et, en même temps, la dilatabilité diminue rapidement; dans cette phase, les variations de longueur sont exprimées par une fonction dont les termes

élevés sont relativement importants et par conséquent sont représentées par une courbe à forte concavité supérieure ;

3° A une certaine distance au-dessous de la température du début de la transformation magnétique, la dilatabilité prend une valeur à peu près fixe, en ce sens que la variation de longueur est alors représentée par une fonction quadratique dont le second terme est très peu important ; tel est le cas de l'invar dans la région où sa faible dilatation le rend particulièrement précieux ;

4° La température s'abaissant encore, la courbe traverse un point d'inflexion et prend une concavité inférieure plus ou moins accusée ; dans cette région, la fonction exprimant la dilatation possède un terme quadratique *négatif;* cette particularité conduit à d'intéressantes applications ;

5° Enfin cette dernière courbe se raccorde, après une nouvelle inflexion, avec une courbe qui marque la fin de l'anomalie et qui, comme toutes les courbes de dilatations normales, possède une faible concavité supérieure.

Ces cinq phases, dont le développement s'étend sur un intervalle de température de plus de 400 degrés, n'ont pas pu être caractérisées jusqu'ici sur un même alliage ; mais le déplacement, dans l'échelle des températures, du début de la transformation correspondant à une augmentation progressive de la quantité de nickel, m'a permis de suivre avec une précision suffisante et sur un intervalle de plus de 200 degrés, telle ou telle partie de la courbe complète, et même en général deux

ou trois phases distinctes, par l'étude de la dilatation d'un alliage déterminé [1].

La courbe complète représentée par la fig. 1, indique, en exagérant les courbures, les cinq phases successivement ascendantes par les segments A B, B C, C D, D E, E F. Les deux portions extrêmes sont normales ; l'anomalie commence au point B et se termine au point E.

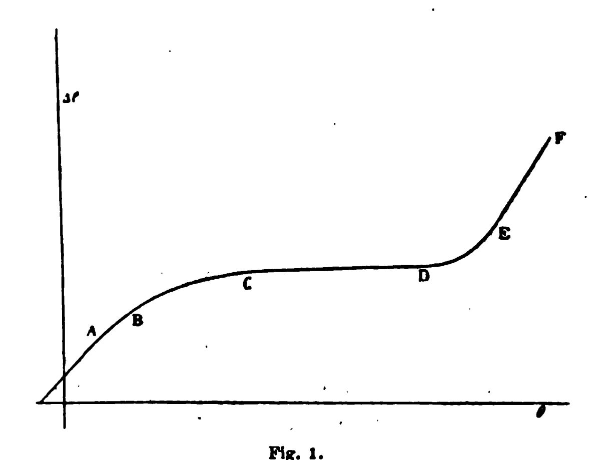


Fig. 1.

Dans la région A B, la dilatation est celle d'un mélange de fer et de nickel magnétiques ; la phase E F correspond à un mélange de fer et de nickel non magnétiques ; la phase C D indique la plus grande rapidité

[1] M. Charpy a mesuré il est vrai la dilatation de quelques aciers au nickel dans un intervalle de température très étendu, mais ses températures de repère sont trop éloignées pour que les courbes puissent être déduites avec sûreté de ses mesures dont, au surplus, la précision n'a pas été très grande jusqu'ici. D'après une communication personnelle, M. Charpy se prépare à répéter ses mesures dans des conditions plus parfaites.

du passage de l'état non magnétique à l'état magnétique. L'inclinaison de cette portion de courbe dépend de la proportion de nickel que contient l'alliage.

Valeurs numériques. — Si l'on trace maintenant, en fonction de la teneur, les courbes des dilatabilités vraies au voisinage des températures ordinaires, fig. 2, les plus intéressantes pour la pratique, on voit, ainsi que je l'ai précédemment montré, qu'elles partent de la valeur 18.10^{-6} environ, pour les alliages à 25 °/₀ de nickel (région E F), atteint vers 30 °/₀ une valeur moyenne égale à 5.10^{-6} (D E), passe à 36 °/₀ par un minimum voisin de 1.10^{-6} (C D), et remonte de manière à entrer peu après dans la région B C, qu'elle ne quitte que vers 50 °/₀, alors que la dilatation moyenne se rapproche de 10.10^{-6}.

Mes précédentes expériences n'avaient pas dépassé 45 °/₀ de nickel. J'ai pu opérer depuis lors sur des alliages à plus haute teneur, qui m'ont permis de tracer la courbe complète des dilatations des réversibles.

Voici quelques uns des résultats obtenus aux fortes teneurs[1] :

Nickel °/₀	Dilatations dans l'échelle normale	
	Formule complète[2]	Vraie à 20°
48,7	$(9{,}901 - 0{,}00067\,\theta)\,10^{-6}$	$9{,}874.10^{-6}$
50,7	$(9{,}824 + 0{,}00243\,\theta)$ —	9,921 —
53,2	$(10{,}145 + 0{,}00031\,\theta)$ —	10,057 —
70,3	$(11{,}980 + 0{,}00387\,\theta)$ —	12,045 —

[1] Les recherches dont il est question ici ont été faites, comme les précédentes, avec la coopération de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, dont le bienveillant intérêt m'a été d'un grand secours.

[2] Voir note p. 261. Les dilatations vraies à 20° données dans la dernière colonne rétablissent la régularité de la courbe de dilatation en fonction de la teneur.

Pour les courbes des dilatations vraies à des températures plus élevées, le minimum se trouve déplacé vers la droite du diagramme, c'est-à-dire vers les fortes teneurs en nickel, comme il résulte immédiatement de la variation avec la teneur du coefficient du terme quadratique.

Les deux courbes de la fig. 2 représentent des dilatations vraies des aciers nickels réversibles en fonction de la teneur à 0° et 50°. La droite pointillée montre

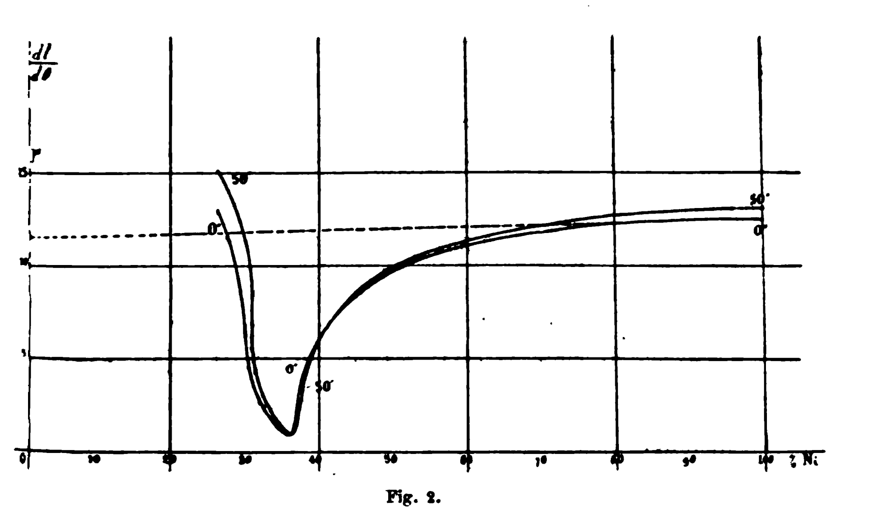


Fig. 2.

que la dilatation suit pratiquement la loi des mélanges à la température ordinaire, jusqu'à 30 °/₀ environ de fer à partir du nickel pur.

J'ai indiqué précédemment comme minimum de la dilatation $0,877.10^{-6}$. Les expériences ultérieures ont montré que ce résultat est exceptionnel, et qu'en général pour des coulées contenant des quantités normales de carbone et de manganèse facilitant le forgeage, on

ne devra pas compter sur des dilatations sensiblement inférieures à 1,2 ou même $1,5.10^{-6}$. On n'arrive sûrement au-dessous de cette limite qu'avec des alliages contenant très peu de manganèse, ce qui n'est pas sans inconvénients au point de vue métallurgique. Cependant, avec des opérations particulièrement réussies, et en soumettant l'alliage à une série de préparations particulières, on peut arriver à abaisser encore la dilatation et à se rapprocher du zéro ou même à le dépasser. Mais ces procédés ne sont applicables qu'à de petites quantités d'alliage et on n'atteint que très exceptionnellement ce résultat.

En accumulant dans un échantillon déterminé toutes les conditions d'abaissement de la dilatation, on a pu réaliser la valeur :

$$\alpha = (-0{,}552 + 0{,}00377\,\theta)\,10^{-6},$$

cette formule représentant le coefficient de la dilatation moyenne, résultant d'expériences faites entre 0° et 38°.

Ce résultat est porté dans la fig. 3 (courbe A), avec quelques autres, sur lesquels je reviendrai dans un instant.

En dosant au contraire soigneusement les conditions d'abaissement partiel de la dilatation, on a pu obtenir quelques centaines de mètres d'un fil dont la dilatabilité (comprise comme ci-dessus) est donnée par la formule :

$$\alpha = (+0{,}028 - 0{,}00232\,\theta)\,10^{-6}$$

Il est intéressant de mettre en regard les valeurs de la dilatation de ce fil et d'une barre de platine de même longueur ; le tableau ci-après ainsi que les courbes de la fig. 3 (courbe B et platine) montreront ainsi, mieux

encore que la comparaison des formules complètes, à quelle perfection l'obtention industrielle des alliages peu dilatables est déjà parvenue.

Temp.	Dilatations pour 1 mètre à partir de 0°	
	Platine	Fil
	μ	μ
10°	88,6	+ 0,05
20°	177,6	— 0,36
30°	266,9	— 1,26

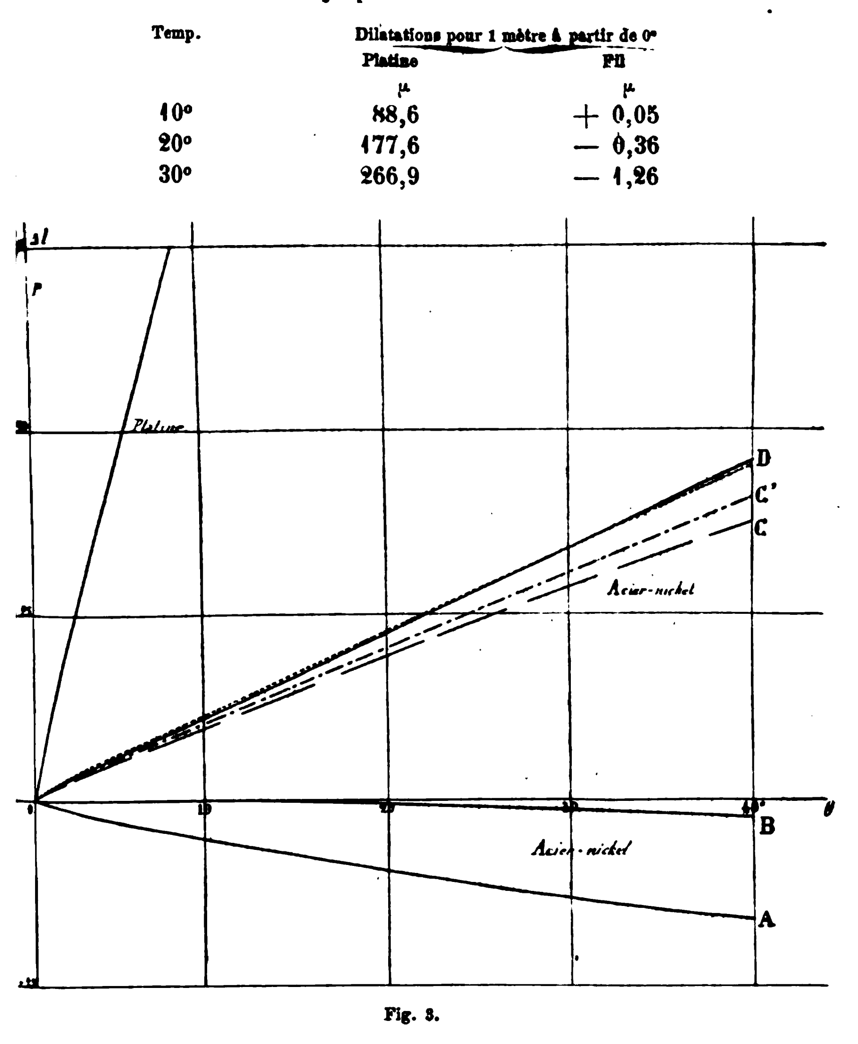


Fig. 3.

Le fil de 1,7^{mm} de diamètre dont il s'agit ici, avait été préparé spécialement, en vue des appareils de géodésie dont

il sera question plus loin; ces fils qui servent d'étalons dans la mesure rapide des bases, sont employés sur le terrain sous une traction normale de 10 kg.; c'est donc sous cette même traction qu'il convenait de déterminer l'échantillon prélevé sur la bobine, afin de n'avoir pas à tenir compte de la variation de son module d'élasticité avec la température. Voici comment j'y suis parvenu :

J'ai fait pratiquer sur une forte barre rectangulaire en *invar*[1], une gorge longitudinale destinée à servir de logement au fil. Celui-ci, dont les deux extrémités avaient été taraudées, s'engageait dans deux boutons plats dont l'un s'appuyait directement sur une extrémité de la règle, tandis que l'autre était séparé de l'extrémité correspondante par un fort ressort à boudin en acier. On avait fixé sur le fil deux petites plaques d'invar portant des traits à la distance de 1 mètre et dont le logement avait été ménagé par les entailles faites dans la règle.

Pour assurer au ressort une tension de 10 kg., on a d'abord suspendu à l'extrémité opposée du fil un poids de cette valeur, puis on a remonté doucement le bouton inférieur jusqu'au contact de la règle; on a alors enlevé le poids dont l'effet a été dès ce moment remplacé par la tension du ressort.

L'élévation de la température diminuant le module d'élasticité de l'acier, l'effort exercé sur le fil serait sensiblement variable avec la température si l'on n'assurait une compensation partielle de cet effet par la

[1] Diminutif d'*invariable;* nom proposé par M. le Prof. Thury pour les alliages très peu dilatables de fer et de nickel, et généralement adopté aujourd'hui.

dilatation de la barre, choisie de manière à ce qu'elle soit un peu supérieure à celle que la préparation du fil permet de prévoir approximativement. Le ressort étant légèrement plus écrasé aux températures élevées qu'aux températures basses, la diminution du module est en grande partie annulée ou même un peu surcompensée si l'écart des dilatations est trop fort.

Le fil étant ainsi préparé, on détermine sa dilatation au moyen du comparateur exactement comme celle d'une règle, et avec une approximation qui, lorsque le fil et le ressort sont parfaitement libres, est à peu près du même ordre.

Homogénéité de l'alliage. — L'uniformité de la dilatation dans une même coulée est assez grande. J'en donnerai comme exemple la dilatation de deux règles-étalons de 1 mètre, en invar, construites par la Société Genevoise et prises dans la même coulée d'alliage. Les expériences, régulièrement espacées entre 0° et 38° environ, ont conduit, pour ces deux barres, aux formules[1] :

$\alpha = (1,075 + 0,00180\ \theta)\ 10^{-6}$ et $(1,145 - 0,00052\ \theta)\ 10^{-6}$

d'où se déduisent les allongements suivants par mètre à partir de 0° :

[1] On remarquera que la détermination du coefficient du deuxième terme, dans un intervalle de température restreint, présente de très grandes difficultés, ce qui explique la différence apparemment considérable entre les coefficients du terme en θ^2 dans les formules ci-dessus; mais il s'établit entre les deux coefficients d'une même formule une sorte de compensation qui fait ressortir les valeurs de la dilatation avec une précision beaucoup plus grande que l'incertitude règnant sur le second coefficient pourrait le faire supposer. Le tableau des valeurs données par les deux formules en est un exemple bien net.

Température	Allongements	
	μ	μ
10°	10,9	11,4
20	22,2	22,7
30	33,9	33,9

Ces résultats, dont les divergences n'excèdent pas sensiblement la somme des erreurs possibles des observations, sont portés dans le diagramme fig. 3, courbes D.

CHAPITRE III

Variations passagères et permanentes

Changements de longueur à des températures variables. — On se souvient qu'une barre de l'alliage le moins dilatable amenée brusquement d'une température déterminée à une température différente, ne prend pas immédiatement la longueur définitive correspondant à cette dernière température. Lorsque l'écart de température est dans le sens ascendant, le mouvement qui se produit après le premier instant est dans le sens d'un raccourcissement, et inversement. La durée de la variation est toujours plus considérable pour un abaissement que pour une élévation de la température, la température finale étant supposée la même. Dans les deux cas cette vitesse augmente aussi très rapidement avec la température. Ainsi, tandis que le raccourcissement à 100° faisant suite à un long repos aux températures ordinaires, est complet au bout d'une demi-heure, il exigera plusieurs journées pour s'effectuer à 40°.

La différence entre les longueurs que l'on trouve-

rait à diverses températures pour une barre mesurée immédiatement après l'établissement de chaque température, ou cette même barre ayant atteint son état définitif à chaque température, est exprimé par la formule :

$$\frac{\Delta l}{l} = 0,00325\ \theta^2$$

θ étant la température comptée à partir du zéro ordinaire. On voit qu'aux températures basses, les variations sont insensibles.

Cette formule correspond aux alliages très peu dilatables et pour l'intervalle de 0° à 100°. Si la teneur en nickel augmente, l'écart entre les états extrêmes de l'alliage diminue pour devenir absolument insensible pour les alliages contenant environ 45 °/₀ de nickel.

On voit que, dans les limites pratiques de variation de la température dans les laboratoires, la différence des dilatations pour une variation infiniment rapide ou une variation infiniment lente de la température, est de l'ordre de 1 à 2 μ par mètre. En adoptant, pour le calcul, une marche moyenne, on maintiendra les incertitudes au-dessous du millionième ; et, si l'on connait approximativement les températures auxquelles la règle a été exposée dans les derniers jours, on pourra calculer à tout instant les dilatations en serrant encore la vérité de plus près. En première approximation, on saura si la variation de température se rapproche des conditions qui correspondent à la marche très lente ou très rapide, et on adoptera, par exemple, comme correction, les valeurs données par une formule dans laquelle le coefficient numérique sera égal au quart ou aux trois quarts du paramètre indiqué ci-dessus. On sera sûr alors de

ne pas commettre d'erreur supérieure au quart de la quantité totale donnée par la formule.

Changements séculaires. — Les variations de longueur sous la simple influence du temps, soit pour des barres neuves c'est-à-dire étudiées après le forgeage à chaud, soit pour des barres préalablement étuvées [1] à partir de 100° par exemple, avec un abaissement graduel de la température, ont été suivies pendant plusieurs années. Pour la pratique des instruments de précision, les variations des barres bien étuvées sont seules intéressantes, puisque ce traitement est de nature à en réduire l'amplitude au minimum.

J'ai donné dans mon premier mémoire les résultats obtenus par l'étude de la variation de longueur d'une règle d'abord étuvée de 150° à 40°, puis abandonnée à la température ambiante pendant une année. Les mesures ont été poursuivies pendant plus de cinq ans.

La figure 4 représente les valeurs obtenues. La courbe pointillée inférieure indique les variations de la température dans le laboratoire où cette barre était conservée ; la deuxième courbe ondulée, tracée autour de la courbe générale inférieure, relie entre eux les résultats des observations directes faites toujours à

[1] Dans mon premier mémoire, j'avais désigné par le mot usuel « recuit » la chauffe prolongée à des températures relativement peu élevées ; la confusion du double emploi de cette expression qui désigne généralement pour les métallurgistes une chauffe à une température élevée, m'a engagé à proposer pour l'opération dont il est question ici, le mot d' « étuvage » adopté aujourd'hui par la plupart des physiciens qui se sont occupés de cette question. L'expression « vieillissement », devenue aussi usuelle depuis quelque temps, doit être entendue dans le sens d'une action produite par l'étuvage.

15° ; la courbe d'interpolation, d'allure exponentielle, a été tracée de manière à relier le mieux possible les

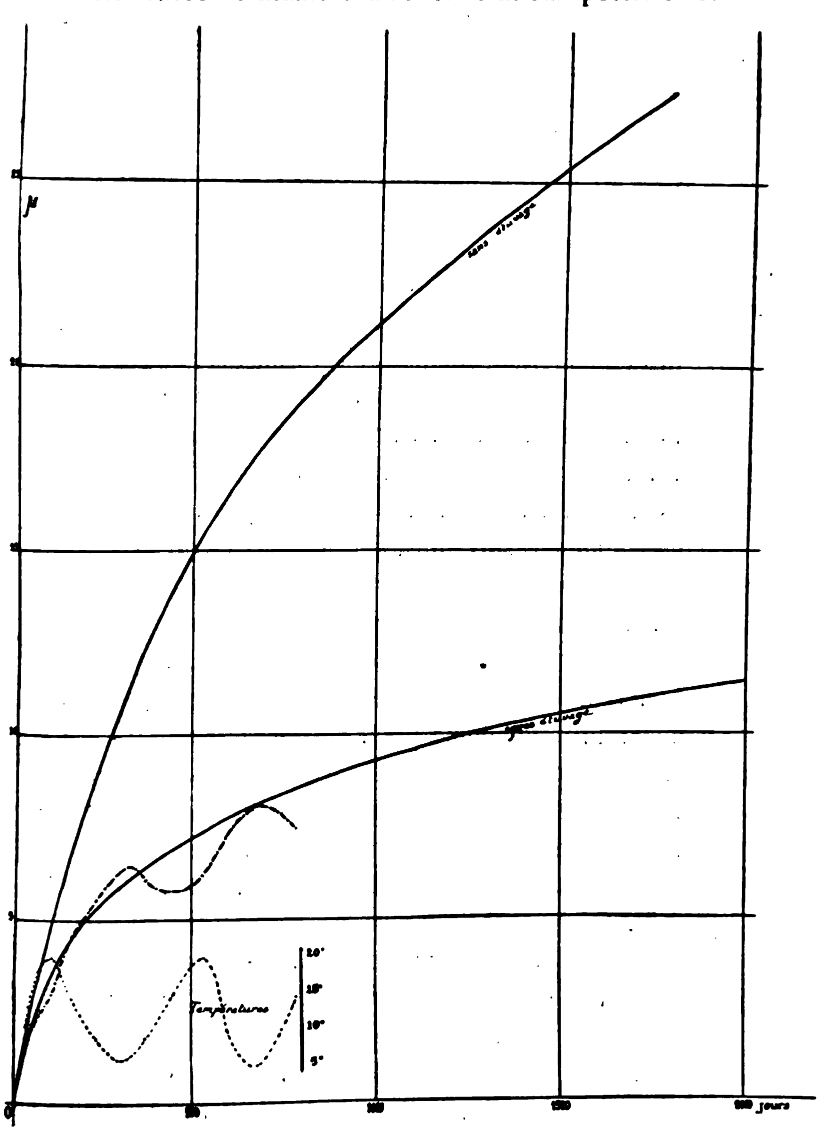


Fig. 4.

points trouvés après l'exposition aux températures les plus basses.

On voit immédiatement que les écarts entre les points isolés et la courbe suivent une marche systématique exactement parallèle à la marche de la température. Ces écarts sont entièrement expliqués par le fait que la règle, mesurée il est vrai toujours à la même température, s'était trouvée exposée, dans les jours précédant la mesure, à des températures dont le cycle annuel était assez étendu. La formule donnée plus haut rende compte exactement de la grandeur de ces écarts.

Si l'on en fait abstraction, c'est-à-dire si l'on suppose que la barre eût au moment de chaque mesure atteint son équilibre parfait à 15°, on trouve que les variations sont respectivement de 6^{μ}, 2^{μ}, 1^{μ}, dans chacune des trois premières années, et deviennent peu appréciables dans les années suivantes.

On en conclura que, après l'étuvage complet et la première année de repos, on pourra se borner à déterminer au début l'équation de l'étalon une fois par an, si l'on veut être certain de connaître sa longueur à moins d'un millionième près.

L'utilité de cet étuvage ressort bien de la comparaison des deux courbes du diagramme figure 4, dont la plus élevée a été obtenue par la mesure des variations subies au cours de plusieurs années par une règle non étuvée.

Alliages à forte teneur en nickel. — A mesure que l'on augmente la teneur en nickel, la stabilité s'accroît en fonction du temps comme en fonction de la température, ainsi qu'il vient d'être dit. Lorsqu'on atteint 45 °/₀ par exemple, la permanence est assez grande

pour qu'une barre mesurée immédiatement après son forgeage au rouge, n'éprouve, par un étuvage prolongé à 100°, que des variations très faibles suivies de changements bientôt inappréciables dans un repos prolongé aux températures ordinaires.

J'en donnerai ci-après un exemple extrait du dossier de l'étude d'une barre contenant 44,2 °/₀ de nickel, et dont la dilatation est exprimée par la formule :

$$\alpha = (8,584 - 0,00348\,\theta)\,10^{-6}$$

Date		Traitement	Variation par rapport à la longueur initiale
			μ
26 novembre	1897	—	0,0 val. initiale.
27 »	»	5 heures à 100°	— 2,0
29 »	»	31 » »	— 2,0
2 décembre	»	66 » »	— 2,6
24 janvier	1898	53 jours temp. amb.	— 2,3
12 avril	1899	496 » »	— 2,6
7 »	1900	856 » »	— 2,9
26 octobre	1902	1788 » »	— 2,9

On voit que, dans un espace de cinq années, cette barre, ayant subi un étuvage extrêmement sommaire, ne semble pas avoir varié d'une quantité appréciable ; les observations relatées ici ont été assez rapides, en effet, et étaient uniquement destinées à reconnaître les grands traits du phénomène ; l'erreur de chaque observation individuelle peut très bien, dans ces conditions, avoir atteint et même légèrement dépassé un tiers du micron, alors qu'une variation appréciable de la barre n'aurait pu être mise nettement en évidence que par des observations d'un ordre de précision sensiblement supérieur.

Il est certain d'ailleurs que, si des mesures ultérieu-

res plus précises révélaient des changements mesurables, produits par la simple action du temps, on les rendrait inappréciables dans des barres semblables, par un étuvage rationnel.

On remarquera que les variations sont de signe inverse pour l'invar et pour l'alliage à 44 %, comme je l'avais déjà fait observer dans mon premier mémoire. J'ai trouvé récemment que les variations négatives augmentent un peu lorsque croît la teneur en nickel, mais sans devenir jamais très considérables.

Le maximum de stabilité semble être réalisé pour un alliage contenant environ 43 % de nickel. Une barre d'acier à 43,6 % de nickel, dont la dilatation est donnée par :

$$\alpha = (7,992 - 0,002730)\, 10^{-6},$$

a été trouvée, après un étuvage très complet d'une durée de trois mois, de $0^{\mu},7$ plus courte qu'au moment des premières mesures.

Les alliages de cette catégorie sont beaucoup plus stables que la plupart des alliages usuels, laitons, bronzes ou bronzes blancs, ou que les aciers ordinaires au carbone, sans même parler des aciers prenant spontanément une trempe partielle, et dont l'instabilité est extrême.

Variation de la dilatation. On pouvait craindre que les très faibles dilatations de l'invar fussent affectées par l'étuvage ou par la seule action du temps ; la question m'a été souvent posée et j'ai entrepris d'y répondre par les expériences que je vais résumer.

1° Une barre cylindrique de 12^{mm} de diamètre laminée au rouge, a été mesurée une première fois en mars

et avril 1902 ; la formule de dilatation trouvée à cette époque était :

$$\alpha = (0{,}998 - 0{,}00155)\ 10^{-6}.$$

Cette barre, soumise du milieu d'avril au milieu de juillet de la même année à un étuvage aussi complet que possible entre 100° et 30°, a été abandonnée à la température ambiante jusqu'au mois de novembre, où une nouvelle détermination de la dilatation a donné :

$$\alpha = (1{,}023 - 0{,}00021)\ 10^{-6}.$$

Les allongements calculés par ces deux formules et portés au diagramme fig. 3 (courbes C et C′) sont indiqués ci après :

Température	Allongement pour 1 m. à partir de 0°	
	Première série	Deuxième série
	μ	μ
10°	9,8	10,2
20°	19.3	20,4
30°	28,5	30,5

On voit donc qu'un long étuvage d'une barre sortant de la forge, relève sa dilatation d'une façon appréciable mais encore très faible.

Le changement produit dans la tige en question par un étuvage complet est inférieur à la centième partie de l'écart entre la dilatation de cette barre et celle du platine.

2° Une règle rectangulaire de 22^{mm} de côté, a été d'abord étuvée à 100° pendant 66 heures ; la mesure de sa dilatation, faite en décembre 1897, a donné :

$$\alpha = (1{,}241 + 0{,}00143\theta)\ 10^{-6}$$

L'étuvage de cette règle a été repris en novembre

1898 et a consisté en une exposition d'une durée de 739 heures à 60° suivie, au commencement de 1899, d'un étuvage à 40° et à 25° d'une durée de près de trois mois.

La mesure de la dilatation, faite en février 1900, c'est-à-dire après un an de repos, a donné :

$$\alpha = (1,357 - 0,001256\,\theta)\,10^{-6}$$

3° Une autre barre de mêmes dimensions, trempée à partir du rouge cerise, puis étuvée pendant 55 heures à 100° et pendant 189 heures à 60°, a été mesurée en février 1898 ; on a trouvé :

$$\alpha = (1,308 - 0,00063\,\theta)\,10^{-6}$$

L'étuvage a été poursuivi pendant une durée totale de 648 heures à 60° et de 856 heures à 40°, et suivi d'un repos à la température ambiante jusqu'en février 1900.

Les mesures faites à cette époque ont donné :

$$\alpha = (1,430 - 0,00195\,\theta)\,10^{-6}$$

Avant la deuxième détermination de la dilatation, on avait raboté les barres pour leur donner la section en H, mettant à découvert le plan des fibres neutres.

Aux quatre formules ci-dessus correspondent les allongements contenus dans le tableau suivant :

Température	Allongement pour 1 m. à partir de 0°			
	Règle n° 1		Règle n° 2	
	μ	μ	μ	μ
10°	12,6	13,4	13,0	14,1
20°	25,4	26,6	25,9	27,8
30°	38,5	39,6	38,7	41,1

La dilatation a encore varié dans le même sens que pour la règle précédente, mais pour la première des barres ci-dessus, le changement est à peine apprécia-

ble. Il est un peu plus fort, il est vrai, pour la seconde barre, ce qui peut être dû au fait que cette dernière avait subi la trempe, dont l'effet est, comme je l'ai indiqué autrefois, d'abaisser la dilatation de l'invar. Si l'on ajoute, à l'action du deuxième étuvage, celle du rabotage par lequel la moitié environ de la matière des barres avait été enlevée, on reconnaîtra que les résultats reproduits ici, loin de nous faire craindre des variations de la dilatabilité de l'invar dans le cours du temps, sont de nature à nous rassurer à la fois sur l'homogénéité de l'alliage et sur la permanence de sa dilatabilité, au moins à partir du moment où, l'étuvage étant terminé, la barre n'est plus soumise qu'aux variations ordinaires de la température ambiante.

J'ajouterai que la dilatation de diverses barres chauffées pendant longtemps à 200°, comparée à celle de barres prélevées sur les mêmes coulées, s'est toujours trouvée plus fortement remontée que dans les exemples cités plus haut. Mais comme aucune de ces barres n'a été étudiée avant et après l'étuvage, et comme, de plus, cette dernière opération, pratiquée dans des usines, n'a jamais été faite dans des conditions qui me fussent suffisamment connues, je m'abstiens d'en tirer aucune conclusion métrologique. L'étuvage partant de 100° assurant une stabilité aussi parfaite des barres que les propriétés de l'invar permettent de l'espérer, on devra en général éviter de les exposer pendant un temps prolongé à des températures sensiblement plus élevées, si l'on ne veut pas relever leur dilatation.

CHAPITRE III

Anomalie d'élasticité

Marche des recherches. — L'étude des propriétés élastiques d'un alliage comprend essentiellement la détermination de la valeur absolue du module d'élasticité, et la mesure de sa variation en fonction de la température.

En général, et si l'on veut profiter de toute l'exactitude dont ces deux parties de la mesure sont susceptibles, on n'opérera pas dans les deux cas sur un même échantillon. En effet, la première des deux déterminations exige la connaissance assez exacte de la valeur relative des dimensions, ce qui conduit, dans les expériences de flexion par exemple, à l'emploi d'une barre de forte section. Mais, si l'on voulait faire servir la même barre au second problème, on rencontrerait de sérieuses difficultés à établir l'uniformité de la température, d'autant plus nécessaire que ses différences, sur les faces opposées de la règle, produisent des déformations qui sont loin d'être négligeables. Pour cette deuxième partie de la mesure, on opérera donc sur un échantillon de dimensions réduites, dont on n'aura qu'à mesurer une fonction des déformations à diverses températures, sans avoir à s'inquiéter ni de la valeur absolue de ces déformations, ni de sa relation avec les dimensions réelles de la pièce flexible soumise à l'étude.

C'est précisément cette marche qui a été suivie dans les expériences dont je vais donner une rapide esquisse.

Valeur absolue du module d'élasticité des aciers au nickel. — Les expériences relatives à la valeur absolue du module, faites depuis l'époque de mes premières publications, ont confirmé les conclusions déjà tirées tout en me permettant de les étendre. Ainsi l'étude d'une barre contenant 70 °/₀ de nickel a montré que le module de cet alliage est égal à 19,8 tonnes par mm². La courbe restée autrefois indécise pour toute la portion comprise entre 50 et 100 °/₀ de Ni a pu ainsi être tracée avec sécurité.

On a confirmé aussi qu'une addition de chrome élève le module, au moins jusqu'à 50 °/₀ de nickel (limite des expériences); mais l'effet va sans doute en s'atténuant pour des teneurs plus élevée, car il est insensible pour le nickel pur.

L'effet de l'écrouissage étudié seulement pour l'invar, est d'élever un peu le module; ainsi, tandis que la moyenne trouvée pour 13 échantillons d'invar non écrouis avait donné 14,9. des expériences faites sur une tige de 12^{mm} fortement écrouie par un étirage à froid, ont donné en moyenne 15,4 tonnes par mm².

J'ai précédemment fait ressortir l'effet produit sur les alliages irréversibles par la transformation qui s'effectue aux températures basses; une barre d'un alliage contenant 24 °/₀ de nickel avait, à l'état non magnétique, un module égal à 19,3 tonnes par mm², tandis qu'après un refroidissement à — 60°, le module s'était abaissé à 17,4. Cet abaissement est d'autant plus remarquable qu'il est accompagné d'un recul considérable de la limite élastique; ainsi, tandis que, dans l'alliage non magnétique, de petites déformations laissent un résidu permanent, l'alliage rendu magnétique par le re-

froidissement peut être amené à une élasticité voisine de celle de l'acier trempé et revenu.

Cet ensemble de résultats trouvés à la fin de 1896 et au commencement de 1897, auraient permis de prévoir quels doivent être les changements des alliages réversibles par l'effet de la température si, à cette époque, la théorie des aciers au nickel avait été établie comme elle l'est aujourd'hui ; mais en l'absence d'une théorie suffisamment précise, l'expérience seule pouvait renseigner sur cette dernière question, comme je le montrerai au paragraphe suivant.

Les travaux d'une commission d'éminents physiciens et métallurgistes constituée en Allemagne en vue d'étudier les aciers au nickel, avaient conduit, un peu avant l'époque de mes premières publications, à tracer une courbe des modules en fonction de la teneur, caractérisée par un abaissement notable du module entre les points extrêmes correspondant au fer et au nickel, avec un minimum peu éloigné de la teneur correspondant au minimum de la dilatation.

La plus faible valeur trouvée par la commission allemande est de 12 tonnes par mm². Je n'ai jamais trouvé de valeur aussi basse, et d'ailleurs la courbe de la commission est, dans toute son étendue, au-dessous de la mienne. Indépendamment d'une différence dans les méthodes de recherches, cet écart systématique me semble devoir s'expliquer par le fait que la Commission, désirant opérer avec des alliages aussi purs que possible d'un mélange étranger, n'avaient introduit dans leur fabrication que les quantités de Mn, de C, de Si, etc, rigoureusement nécessaires à leur traitement métallurgique. Or il est à présumer que ces corps auxi-

liaires se trouvaient dans les alliages en quantités trop faibles pour supprimer complètement les craquelures, qui diminuent nécessairement la cohésion et provoquent un abaissement apparent du module.

L'anomalie du module, positive vers 25 °/₀, négative entre 30 et 40 °/₀, trouvée dans mes premières expériences et que la commission allemande n'avait pas signalée, a été confirmée par les recherches ultérieures et son existence a été rattachée à l'allure particulière de la variation du module avec la température dont je vais parler. Je dirai seulement que le début de l'anomalie positive se relie aux changements accompagnant la transformation des alliages irréversibles. En réalité, on devrait pouvoir trouver pour ceux-ci une infinité de courbes représentatives du module en fonction de la teneur, toutes ces courbes étant contenues entre deux courbes limites, dont l'une se raccorde à celle des alliages réversibles non magnétiques, tandis que l'autre coupe, par extrapolation, les points limitant l'anomalie négative. On n'a pu marquer quelques points de la première de ces courbes qu'en introduisant dans les alliages des quantités de Cr et de C suffisantes pour les rendre non magnétiques à la température ordinaire; mais cette manière de procéder n'est pas sans laisser quelques doutes sur les résultats obtenus, en raison de l'action individuelle des corps étrangers.

Tandis que d'excellentes expériences ont été faites en vue de déterminer les variations de volume du fer pur et surtout ses changements magnétiques au voisinage de sa température de transformation, il ne semble pas que la recherche des variations correspondantes du module ait été même ébauchée; le voisinage immédiat

des déformations permanentes rendrait cette recherche très difficile, tandis que les changements du volume sous la seule action de la température apporteraient aux résultats bruts des corrections beaucoup plus considérables que la quantité cherchée, qui deviendrait par le fait très incertaine. Les expériences faites sur les aciers-nickels permettent néanmoins d'affirmer avec une certitude à peu près complète que le module d'élasticité du fer, qui diminue comme on sait lorsque la température s'élève, éprouve au contraire une augmentation rapide dans le passage ascendant par la région de transformation entre le fer β et le fer γ.

Variations du module d'élasticité des aciers au nickel en fonction de la température. — Le 14 mai 1897, M. le professeur Thury annonça, dans une conférence faite à la Classe d'horlogerie de la Société des Arts de Genève, le fait singulier qu'un acier à 36 °/₀ de nickel éprouve, par le fait d'une élévation de la température, une *augmentation* de son module d'élasticité. Le jour précédent, M. Paul Perret alors régleur à la Chaux-de-Fonds m'avait communiqué personnellement le même fait, constaté par lui en étudiant la marche d'une montre munie d'un spiral d'un alliage à 35 °/₀ de nickel dont je lui avais fourni un échantillon. L'importance de ce résultat qui permettait de soupçonner l'existence d'alliages à variation nulle, n'avait échappé ni à M. Thury ni à M. Perret, et ce dernier me proposa de prendre la direction scientifique de ses recherches dont il assumait, en raison de la méthode particulière adoptée, la plus grande partie du travail matériel, tandis que le concours de la Société de Commentry-Fourchambault pour la partie métallur-

gique nous était assuré comme pour mes propres recherches.

Le succès rencontré dans la comparaison des variations magnétiques des aciers au nickel et de leurs changements de volume, me conduisit à penser que leurs variations d'élasticité étaient liées aussi aux transformation magnétiques, et que les alliages à faible variation devraient être recherchés parmi ceux pour lesquels le commencement ou la fin de la transformation s'opère au voisinage de la température ambiante. D'ailleurs la découverte de M. Perret et de M. Thury, rapprochée du changement irréversible rappelé au paragraphe précédent, ne laissait guère de doutes sur l'exactitude de cette déduction que des expériences directes vinrent rapidement confirmer.

Les résultats fournis immédiatement par l'examen des marches d'une montre à diverses températures, contiennent à la fois l'effet de la dilatation du balancier et du spiral, et de la variation d'élasticité de ce dernier; d'autres actions interviennent aussi, mais elles sont de moindre importance et d'ailleurs mal connues.

La durée d'oscillation d'un balancier monté sur un ressort spiral est exprimée par :

$$T = \pi \sqrt{\frac{LI}{M}},$$

L étant la longueur du spiral, M son moment élastique, I le moment d'inertie du balancier. M est posé ici en abrégé pour $^1/_{12}\, e^3 h$ E, où e et h désignent l'épaisseur et la hauteur du spiral, E le module d'élasticité du métal qui le constitue.

Soient T_0, T_θ les marches de la montre aux températures 0 et θ, λ et μ les coefficients de dilatation du spiral et du balancier, η le coefficient de la variation thermique de E ; soient en outre a, b, les coefficients du binôme, représentant les marches de la montre. Eu égard à la petitesse des variations thermiques dont il s'agit ici, on pourra poser, avec une exactitude au moins égale à celle des observations :

$$\frac{T_\theta - T_0}{T_0 \ \theta} = -\frac{3}{2}\lambda + \mu - \frac{1}{2}\eta = a + b\theta.$$

Les binômes représentés par λ et μ sont supposés connus, et comme a et b résultent de la marche de la montre, η se déduira de l'égalité ci-dessus, sous forme d'un binôme.

La première partie de cette équation montre immédiatement que, contrairement à une opinion très répandue, la dilatation du spiral produit au chaud une *avance* de la montre, mais λ et μ sont petits par rapport à η, dont l'action est prépondérante. Dans la combinaison fréquente d'un spiral d'acier avec un balancier de laiton, la somme algébrique des effets des deux dilatations est sensiblement nulle et l'action de η subsiste presque seule [1].

Les résultats immédiats des observations faites au moyen d'un chronomètre réglé sur le temps moyen, sont exprimés en secondes par 24 heures ; je désignerai par a' et b' les coefficients dans ces unités ; ils doivent être divisés par 86400 pour représenter des coefficients a et b de variation tels qu'on les envisage or-

[1] Ch.-Éd. Guillaume. Une erreur accréditée au sujet du spiral, *Journal suisse d'horlogerie*, t. XXVII, p. 253, 1903.

dinairement, et changés de signe si, dans l'établissement de l'équation de la montre, on a affecté l'avance du signe positif.

Dans les expériences qui vont être rapportées, il en est pour lesquelles on s'est seulement attaché à déterminer une valeur moyenne de la variation des marches entre deux températures éloignées; ces expériences se rapportent toutes à des valeurs considérables de η moyen et telles en particulier que la courbure, assez faible dans ces régions, est presque négligeable par rapport à la variation moyenne. En d'autres termes, pour ces alliages, b est petit par rapport à a. Au contraire, aux valeurs faibles de η moyen correspond le plus souvent une courbure notable et, pour les alliages correspondants, les plus importants dans la recherche qui nous occupe, on s'est attaché à déterminer la forme de la fonction par des observations faites à un certain nombre de températures.

A l'exception de quelques mesures de contrôle destinées surtout à vérifier la théorie, les observations que je vais rapporter ont été faites avec des montres dans lesquelles le spiral avait été monté sur un balancier de laiton. On a admis pour ce dernier, d'après une mesure exécutée au Bureau international sur une barre ayant une composition analogue, pour la valeur des deux coefficients α_2 et β_2 du binôme représenté par μ :

$$\alpha_2 = 18{,}595 . 10^{-6} \qquad \beta_2 = 0{,}00715 . 10^{-6} .$$

Les coefficients α_1 et β_1 du binôme représenté par λ seront indiqués à propos de chaque spiral, d'après mes mesures sur des barres prises dans la même coulée.

Voici maintenant les plus importants parmi les résultats trouvés :

1° *Alliage NC4, 22 °/₀ Ni + 3 Cr* non magnétique. Variation moyenne $a' = -16,3$ secondes (retard) par degré et par 24 heures.

$$\lambda_{15} = 18,3.10^{-6} \qquad \mu_{15} = 18,8.\ 10^{-6}$$
$$a = 189.\ 10^{-6}, \qquad b = 0$$

d'où :

$$\eta = -0,000394$$

Des expériences de flexion ont donné : $E = 19,67$; la formule complète pour cet alliage sera donc :

$$E_\theta = 19,67\ (1 - 394.\ 10^{-6}\ \theta)$$

2° *Alliage à 26,2 °/₀ de nickel,* très peu magnétique. Les expériences faites entre $-15°$ et $+30°$ et introduites dans une formule quadratique dont les coefficients ont été calculés par la méthode des moindres carrés ont donné :

$$a' = -2,094 \qquad b' = -0,039$$

d'autre part :

$$\alpha_1 = 13,103.\ 10^{-6}, \quad \beta_1 = 0,0213.\ 10^{-6}$$

En effectuant les calculs comme il a été dit plus haut et en tenant compte de la détermination directe du module, on trouve la formule complète :

$$E_\theta = 18,54\left[1 - (51,6\ \theta + 0,95\ \theta^2)\ 10^{-6}\right]$$

Le maximum du module résultant de cette formule, se produit à $-26°,6$.

3° *Alliage à 27,9 °/₀ de nickel* peu magnétique.

1re série. Expériences faites entre $-1°$ et $+55°$.

$$a' = +5,152 \qquad b' = -0,077$$
$$\alpha_1 = 11,288.10^{-6} \qquad \beta_1 = 0,0289.10^{-6}$$

Comme précédemment :

$$E_\theta = 18,^\circ 06 \left[1 + (126,6\,\theta - 1,85\,\theta^2).10^{-6}\right]$$
$$\theta \text{ max.} = + 33^\circ,0.$$

2me série d'expériences entre les mêmes limites de température :

$$a' = 3,635 \qquad b' = -0,067$$
$$E_\theta = 18,^\circ 06 \left[1 + (87,5\,\theta - 1,55\,\theta^2).10^{-6}\right]$$
$$\theta \text{ max.} = 27^\circ,7$$

4° *Alliage à 30,4 °/₀ de nickel*, magnétique.

Variation moyenne $a' = + 15,8$ secondes.

$$\lambda_{15} = 4,73.\ 10^{-6}$$

et

$$E_\theta = 15,96\ (1 + 389.10^{-6}\,\theta)$$

5° *Alliage à 35,0 °/₀ de nickel*, très magnétique.

Marche moyenne $a' = + 18,6$ secondes.

$$\lambda_{15} = 1,540.10^{-6}$$
$$E_\theta = 15,04\ (1 + 464.10^{-6}\,\theta)$$

6° *Alliage à 44,5 °/₀ de nickel*, très magnétique.

Les expériences ont été faites entre 0° et 40°, avec une seule observation intermédiaire à 20°. La courbure est donc médiocrement déterminée.

$$a' = -2,394 \qquad b' = +0,026$$
$$\alpha_1 = 8,458.\ 10^{-6} \qquad \beta_1 = -0,00182.10^{-6}$$
$$E_\theta = 16,40 \left[1 - (43,6\,\theta - 0,62\,\theta^2)\ 10^{-6}\right]$$
$$\theta \text{ min.} = + 35^\circ,2.$$

L'inspection des résultats ci-dessus, reportés pour faciliter la comparaison dans la figure 5, montre que le coefficient η passe rapidement d'une valeur fortement

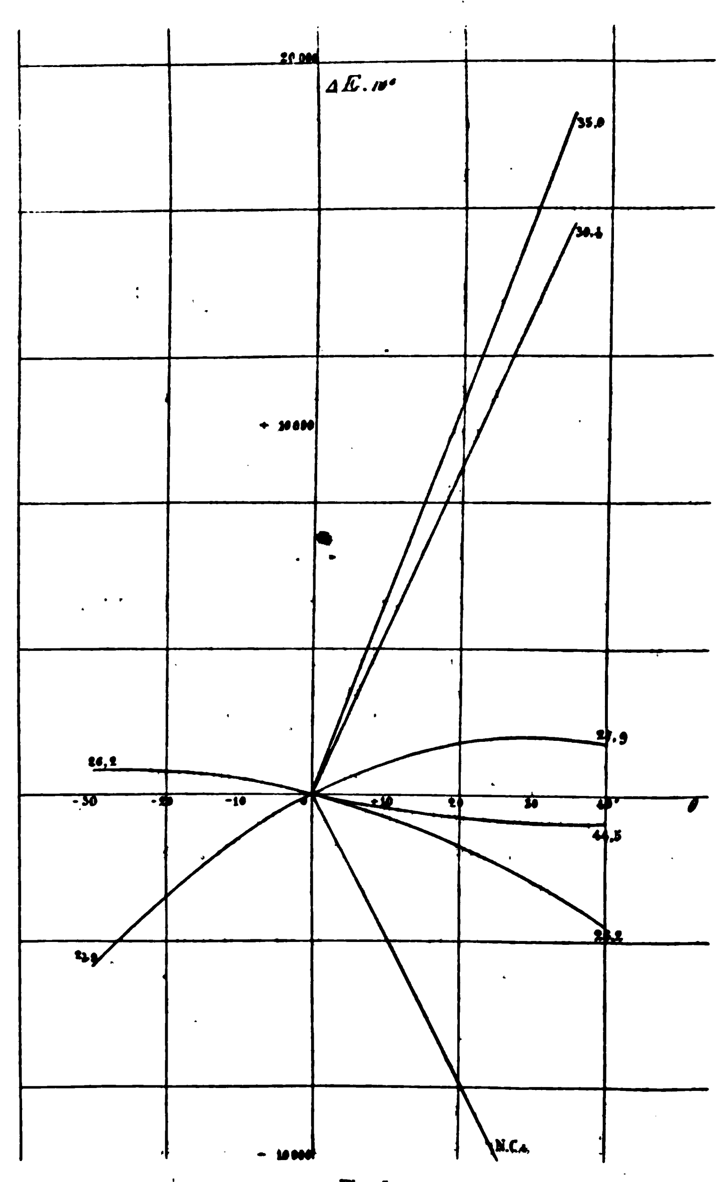

20 000
ΔE. 10°
35,0
30,4
+ 10000
27,9
26,2
-30
-20
-10
0
+10
20
30
40°
θ
44,5
22,2
22,9
N.C.4.
- 10000

Fig. 5.

négative à une valeur positive, à mesure qu'apparaît le magnétisme, et diminue ensuite lorsque la teneur continue à augmenter. La température de variation nulle de l'élasticité n'est pas très éloignée du début de la transformation magnétique et semble s'en trouver à une distance à peu près constante. Ainsi une formule précédemment établie place à — 17° le début du ferro-magnétisme dans l'alliage à 26,2 °/₀, et à + 40° dans l'alliage à 27,9 °/₀. Le point de variation nulle pour ces deux alliages est donc à 10 degrés au-dessous de la première apparition nette du magnétisme.

Bien qu'il n'y ait pas lieu d'attacher beaucoup d'importance à la concordance parfaite des écarts donnés par les expériences ci-dessus, susceptibles de déterminer la position du maximum au plus à quelques degrés près, nous admettrons néanmoins comme démontré que l'inversion dans le sens du changement du module d'élasticité avec la température, est intimement liée aux variations magnétiques des aciers-nickels, c'est-à-dire par le fait, à toutes les transformations de ces alliages. On remarquera enfin que la convexité des courbes représentatives du module est tournée vers le haut dans les alliages contenant environ 28 °/₀ de nickel, et vers le bas dans l'alliage à 44 °/₀ [1].

Généralisant, comme nous l'avons fait pour les dilatations, nous admettrons donc comme infiniment probable que les aciers-nickels non magnétiques possèdent un coefficient de variation négatif qui change rapidement de signe dans les premières parties de la trans-

[1] Certaines expériences ont donné toutefois des résultats de sens contraire dans cette région, mais ces derniers, qui sont en désaccord avec la théorie, doivent être considérés comme anormaux.



formation magnétique et, après un nouveau changement dans le sens de la variation, redevient plus lentement négatif lorsque cette transformation est près d'être terminée. La courbe complète de la variation du module en fonction de la température, aurait donc une allure analogue à celle qui est indiquée dans la fig. 6. La double flèche indique la réversibilité du phénomène.

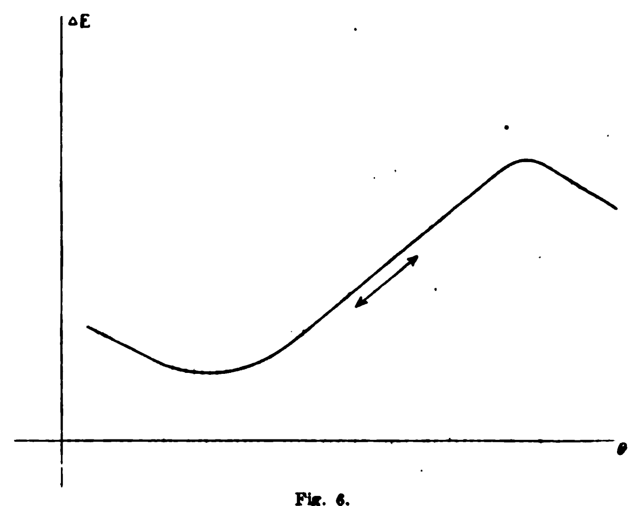


Fig. 6.

La connexion entre les variations magnétiques et l'élasticité ressort aussi de la comparaison d'une expérience faite par M. Perret à ma demande, avec un résultat obtenu autrefois par M. Dumont : un spiral d'un alliage de 44 °/$_0$ très écroui, donne par exemple une marche nulle de la montre aux diverses températures ; recuit, il donnera de l'avance au chaud ; or, ce même alliage fortement écroui accuse des variations magnétiques moindres que lorsqu'il est recuit.

Une comparaison s'impose entre l'allure des courbes de dilatation et celle des courbes d'élasticité. Dans les

alliages non magnétiques, le coefficient quadratique de la dilatation est faiblement positif ; mais, aussitôt qu'apparaît le magnétisme, ce coefficient s'exagère et dépasse de beaucoup celui de tous les métaux connus ; puis il s'annule pour les alliages les moins dilatables, devient négatif et ne reprend sa valeur positive normale qu'au-delà de 45 °/₀.

Les expériences sur l'élasticité sont encore trop peu étendues et trop peu précises pour qu'on puisse tracer un diagramme complet des variations du module ; cependant nous en savons assez pour pouvoir indiquer, par les courbes de la fig. 7 l'allure générale du phénomène. Dans le diagramme, les teneurs en nickel sont

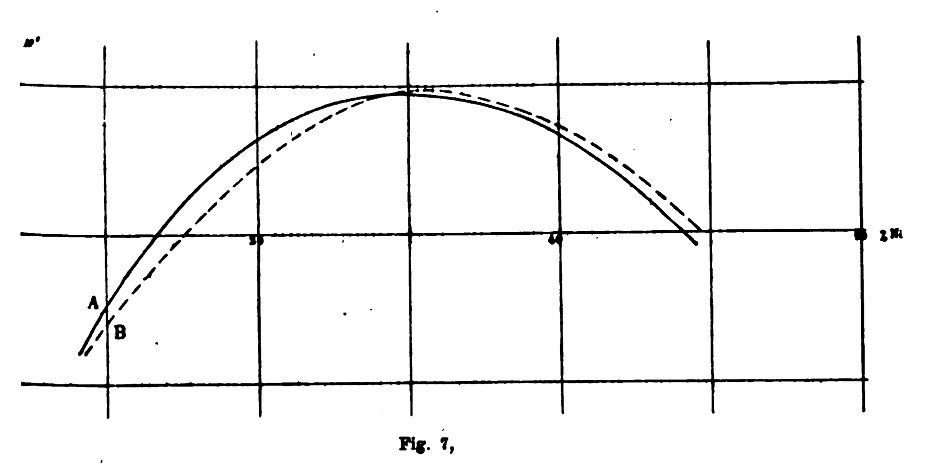


Fig. 7,

portées en abscisses, les valeurs vraies de η en ordonnées. La courbe A correspond à 0°, la courbe B se rapporte à une température plus élevée. La position des points d'intersection de ces deux courbes est encore hypothétique, mais leur existence n'en est pas moins certaine.

Vers les fortes teneurs, non portées au diagramme,

le tracé s'infléchit de nouveau pour atteindre, sans doute par une branche à peu près horizontale, le point correspondant au nickel. Dans cette région, la courbe B passe de nouveau au-dessous de A.

Si nous changeons, dans le dernier diagramme, le signe des ordonnées des courbes de manière à constituer leur image par rapport à une parallèle à l'axe des abscisses, nous reconnaissons immédiatement, surtout en les complétant du côté des fortes teneurs en nickel, une similitude presque parfaite entre le diagramme ainsi obtenu et celui qui a été précédemment donné pour les dilatations vraies en fonction de la teneur. Le point le plus bas des deux groupes de courbes se trouve dans la même région, la superposition s'effectue dans le même ordre et les valeurs des termes quadratiques sont ou faibles ou importantes pour les mêmes teneurs

Je me bornerai pour le moment à signaler cette analogie, indice certain d'une communauté d'origine dans les anomalies de dilatation et de changement du module, sans entrer dans de plus minutieux détails, pour l'étude desquels les données expérimentales font défaut.

Mais si incomplètes que soient encore les expériences qui viennent d'être décrites, elles n'en ont pas moins mis hors de doute l'existence de deux groupes d'alliages dont l'élasticité est constante aux températures ordinaires et, par une généralisation certaine, celle d'une anomalie élastique limitée pour chaque alliage à une région déterminée de l'échelle des températures, anomalie qui s'achève dans un minimum et un maximum du module, en dehors desquels l'alliage reprend des propriétés élastiques normales.

(A suivre.)

LES
GISEMENTS PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

Louis DUPARC
professeur à l'Université de Genève.

§ 1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DES GISEMENTS, ET TOPOGRAPHIE DES RÉGIONS.

Les gisements productifs de l'Oural sont en majorité situés entre le 58° et 60° de latitude Nord, et toujours cantonnés à une faible distance de la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, sur les deux versants de la grande chaîne. Les principaux centres se trouvent dans le district de Nijni Tagil, puis plus au Nord, dans ceux de Bissersk et de Goroblagodat, ces trois districts fournissent la presque totalité du platine exploité annuellement dans l'Oural, principalement les deux derniers. On connaît cependant plusieurs points situés au Nord comme au Sud de ces districts, sur lesquels la présence du platine a été constatée sur certaines rivières, et où il est même exploité actuellement avec succès. Tel est le cas par exemple pour les gisements situés au Nord de Bissersk, sur la Pawdinskaya et la Rastesskaya Datcha, que l'auteur a eu l'occasion d'étudier. Le platine a été rencontré plus au Nord encore, dans la région du Deneskin-Kamen et dans le

voisinage de Bogoslowsk ; au Sud de Tagil on l'a signalé également dans les alluvions de certaines rivières des environs de Miass.

Les montagnes sur les flancs desquelles les rivières platinifères prennent leur source, sont rarement élevées, leur altitude ne dépasse guère 800 mètres et se tient généralement fort au-dessous de cette limite. Ces montagnes forment souvent la ligne de partage elle-même, d'autrefois elles viennent un peu à l'Est ou à l'Ouest de celle-ci. Leur forme topographique est assez peu variée, ce sont des arêtes plus ou moins étendues ou encore des espèces de dômes assez irréguliers, qui s'élèvent un peu au-dessus d'une région plus basse qui les environne. Ces arêtes appelées « Ouwal » dans le pays, sont presque toujours recouvertes de forêts de conifères, la couche de terre végétale et d'humus qui recouvre la roche en place est d'épaisseur variable, elle peut atteindre plusieurs mètres en certains endroits. Ça et là, dans la forêt et surtout sur les crêtes, on trouve quelques affleurements qui peuvent renseigner sur la nature pétrographique de la roche sous-jacente.

Les rivières platinifères considérées au point de vue de la longueur de leur cours et du volume des eaux qu'elles roulent, sont assez différentes. Les unes ont un cours très réduit, qui au total ne mesure pas plus de 2 à 6 kilomètres (les deux Sosnowka par exemple), les autres sont beaucoup plus considérables et représentent des affluents importants de plusieurs grandes rivières qui coulent sur les deux versants de l'Oural (comme la rivière Iss, la Wyja, la petite Koswa, etc.).

Près de leur source, les rivières platinifères débutent généralement par quelques ruisselets au cours

assez rapide, qui se réunissent bientôt au point où la pente diminue, pour former une artère principale. Ces petites sources sont à peine indiquées dans la topographie par des sillons plus ou moins accusés qu'on appelle « Log » dans le pays. Quelquefois cependant les rivières s'amorcent dans des gorges assez profondément encaissées, dont les parois rocheuses et nues sont même très abruptes. Le lit des cours d'eau actuels est presque toujours creusé dans des alluvions qui recouvrent sous une épaisseur parfois considérable un ancien thalweg généralement beaucoup plus large, dont la formation et le remblayage consécutif, marquent une période d'activité beaucoup plus grande dans la circulation des eaux superficielles. Ces anciennes alluvions sont généralement recouvertes de limon et de terre végétale, ou encore d'une épaisse couche de tourbe; elles forment le soubassement d'une zone marécageuse qui avoisine toujours le lit des cours d'eau actuels sur presque toute leur longueur, et qui, lorsque l'ancien thalweg est assez large, s'étend souvent sur une assez grande distance de part et d'autre des deux rives.

§ 2. Roches platinifères, et gîtes primaires du platine.

Un coup d'œil jeté sur la carte géologique de l'Oural, montre que les rivières qui renferment du platine dans leurs alluvions, sont comprises en tout ou partie dans la grande zone de roches éruptives basiques voisine de la ligne de partage, qui se poursuit presque sans discontinuité d'un bout à l'autre de la chaîne. De nombreuses recherches ont été faites ces dernières années dans le but de déterminer celles de ces roches

qui paraissent liées au platine, et pour découvrir le cas échéant les gîtes primaires de ce métal. M. le Prof. Inostranzeff[1] a étudié et décrit le seul gisement primaire connu, trouvé dans le district de Tagil, M. le Prof. Zaetzeff[2] a étudié en détail les roches des alluvions des rivières platinifères des districts de Bissersk et de Goroblagodat, et a été conduit à la suite de ces recherches à considérer un certain nombre de roches comme étant platinifères. Je me suis de mon côté livré à des recherches analogues sur les rivières platinifères qui descendent de la montagne du Koswinsky ou de ses contreforts. Il résulte de ces différents travaux que, jusqu'à ce jour, le platine paraît seulement lié aux espèces pétrographiques suivantes :

Péridotites : Elles sont de types variés, et comprennent principalement des olivinites et des roches à pyroxène (péridotites à diallage) avec les variétés serpentinisées qui en dérivent. Ces différentes roches comportent souvent des amas de chrômite primaire dans lesquels le platine semble de préférence se localiser, bien qu'il se rencontre également, mais plus rarement, dans la roche même. La présence du platine dans les péridotites est incontestable et résulte non seulement du fait que les alluvions de même que le bedrock de certaines rivières platinifères en sont exclusivement formés, mais encore de celui que le métal précieux en a été directement extrait soit par un

[1] Prof. Inostranzeff. Gisement primaire de platine dans l'Oural, *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft*, St. Petersburg, Vol. XXVIII.

[2] Prof. Zaetzeff. Les gisements platinifères de l'Oural, *Mémoires de l'Université de Tomsk*, vol. XIV.

broyage approprié avec lavage consécutif, soit par un traitement chimique.

Gabbros-diorites (et probablement aussi gabbros à olivine passant aux péridotites). Le Prof. Zaetzeff cite la présence du platine dans des roches de cette nature provenant de la laverie d'Awroriasky. Un galet de ces mêmes roches qui figurait jadis dans la collection du musée de Tagil, a été soumis au broyage et après le lavage de la poudre obtenue, les schlichs renfermaient du platine.

Gneiss syénitiques (sans doute syénites hyperbasiques dynamo-métamorphosées). Quelques sables platinifères riches du district de Bissersk appartiennent à des rivières qui sont exclusivement encaissées dans des roches de cette nature, lesquelles forment également les Ouwals du voisinage. J'ignore si la présence du métal a été constatée directement dans ces roches par le broyage, mais d'après les observations de M. Zaetzeff il paraît en être ainsi.

Porphyrites (diabase, augite et ouralite porphyrites). La présence du platine dans les porphyrites a été constatée par Engelhardt[1]. Bien que M. Zaetzeff ne soit pas parvenu à trouver celui-ci dans ces roches, il estime cependant que les porphyrites sont réellement platinifères, et base son opinion sur les deux faits suivants :

En premier lieu, sur un caillou provenant de la laverie de Blagowetschenk, on a constaté paraît-il la présence de petits grains de platine. En second lieu, certaines rivières du district de Goroblagodat qui ren-

[1] Engelhardt. Les gisements d'or et de platine de l'Oural. Riga, 1829.

ferment du platine dans leurs alluvions, sont en relations étroites avec les porphyrites, tandis que les roches à olivine font complètement défaut dans le voisinage.

De toute façon, il est absolument certain que les péridotites sont de beaucoup les roches auxquelles le platine se trouve le plus fréquemment associé, c'est d'ailleurs dans celles-ci que le seul gisement primaire décrit a été découvert. Ce dernier, qui se trouve dans le district de Tagil, a été rencontré au Mont Solowieff dans une crevure d'érosion profonde appelée Krontoi-Log. Là, dans une roche encaissante formée par de l'olivinite, on a trouvé un nid de fer chromé, mêlé à un peu d'olivine serpentinisée, de dolomie, et d'opale.

En certains endroits, on distinguait dans l'intérieur du fer chromé des petits grains brillants de platine, visibles à l'œil nu. Une analyse faite sur une autre portion du même fer chromé dans lequel on ne voyait pas de platine, a cependant révélé la présence de celui-ci à raison de 151 grammes par tonne. Ce gisement, d'après les informations que j'ai recueillies à Tagil, auraient été découvert par un ouvrier de la laverie d'Awrorinsky.

§ 3. Gîtes secondaires et alluvions platinifères.

Les gisements exploités dans l'Oural sont toujours secondaires, et consistent en alluvions plus ou moins riches qui ne sont pas contemporaines, mais qui remplissent un ancien thalweg occupé en partie seulement par le cours d'eau actuel qui s'est creusé son lit dans leur sein. Ces alluvions couvertes sont en tout cas d'âge post-tertiaire, comme le prouvent la présence de mo-

laires de mammouth et autres ossements, trouvés parmi les galets et les sables de celles-ci. Les alluvions contemporaines ne renferment en effet que peu ou point de platine, et n'ont à ma connaissance du moins, jamais fait l'objet d'une exploitation.

La disposition que présentent les divers dépôts qui forment les alluvions, leur puissance et leur étendue, la succession qu'on observe dans les différentes formations, varient sans doute beaucoup d'un lieu à un autre, mais on peut cependant donner un schéma général qui s'applique dans la plupart des cas. Au-dessous d'une couche de terre végétale d'épaisseur variable, on trouve une couche d'argile plus ou moins sableuse, de couleur brune vers le haut et gris bleuté à la base, formant ce qu'on appelle le « tourf ». A cette formation succède dans la règle une couche de gravier à galets plus ou moins gros et roulés, appelée « retschnik » ; celle-ci est toujours stérile, elle peut cependant contenir des traces de platine. Sous le retschnik vient l'alluvion platinifère proprement dite, qui repose sur la roche en place qui en forme donc le soubassement. Celle-ci est fréquemment altérée au contact de l'alluvion, même assez profondément, elle est morcelée, et les fragments anguleux qui s'en détachent se mêlent aux galets de l'alluvion platinifère. L'ancien lit formé par la roche en place devient de la sorte rugueux et accidenté, il présente des érosions locales, qui donnent naissance à des petites excavations.

Le schéma indiqué peut se modifier comme suit :

1° Sous la terre végétale on rencontre souvent une couche de tourbe plus ou moins épaisse. Cette disposition qui est rare sur les petits cours d'eau où la pente

est rapide, est au contraire assez fréquente sur les rivières plus considérables, surtout à une assez grande distance de leur source (rivière Iss, Wyja, petite Koswa, etc.).

2° Entre l'argile et le retschnik, on trouve quelquefois une couche plus ou moins épaisse de sable sans galets appelée « sewoun ».

3° L'une des couches indiquées peut manquer complètement, le retschnik par exemple, l'alluvion platinifère se trouve alors directement sous l'argile bleue ou sous la tourbe.

4° L'alluvion platinifère peut former deux zones distinctes, séparées par une couche de stérile ; d'autrefois elle peut affecter la forme d'un conglomérat.

5° Le retschnik peut renfermer des lentilles de sable voir même des nids d'argile bleue compacte.

Le matériel pétrographique qui compose les alluvions, renferme principalement des roches basiques variées, fréquemment mêlées à des roches cristallophylliennes ou sédimentaires (schistes chloriteux, quartzites, calcaires dévoniens, etc.). Ce matériel est parfois différent dans la couche stérile et dans celle productive, cette différence se traduit alors par une variation de teinte entre le retschnik et l'alluvion platinifère. Cette dernière peut aussi affecter divers caractères ; dans certains cas, elle est formée de sable et de galets en proportion variable ; dans d'autres, elle devient très argileuse, de couleur verdâtre ou brun rougeâtre, les galets y sont alors reliés par une masse argilo-sableuse qui adhère fortement, ce qui rend le lavage difficile.

L'épaisseur de ces différents dépôts est des plus variables. La couche d'argile qui surmonte le retschnik

oscille entre 0,50 m. et 5 à 6 mètres, elle atteint dans certains cas jusqu'à 20 m. d'épaisseur. La tourbe, quand elle se rencontre, forme une couche dont l'épaisseur va depuis 0,70 m. jusqu'à 2 à 3 m., elle atteint exceptionnellement jusqu'à 6 m. sur certains gisements de la rivière Iss. L'épaisseur du retscknik varie aussi beaucoup, elle mesure généralement de 0,80 à 2,50 m. mais peut également devenir plus considérable (par exemple à Kitlim ou elle atteint 5 m). Quant à l'alluvion platinifère, elle subit les mêmes fluctuations. Son épaisseur peut tomber jusqu'à 0,15 et 0,20 m., elle peut par contre atteindre jusqu'à 3 m. ce qui est exceptionnel (Laverie de Jegoro-Kankrin, Tagil). L'épaisseur la plus habituelle est de 0,80 à 1,50 m., cette épaisseur peut d'ailleurs varier sensiblement sur les différentes régions d'un même cours d'eau.

Le platine est toujours accompagné dans les alluvions par le fer chromé ou la magnétite, qui restent avec lui dans les schlichs ; dans certains cas on l'a rencontré aussi avec le cinabre, voire même avec le diamant. Le cinabre existe sans doute en gisements primaires dans les calcaires coupés par le lit de certaines rivières, car il est à remarquer que ce minéral n'a été rencontré que dans les alluvions qui renferment des galets calcaires, et d'autre part la présence du cinabre dans des formations dévoniennes de l'Oural parfaitement exemptes de platine, a déjà été signalée depuis longtemps. Quant au diamant, il a certainement été rencontré dans les alluvions, lié à des faciés serpentineux de péridotites, mais il paraît être excessivement rare. L'or se trouve aussi très fréquemment avec le platine, dans certains sables il dépassait même quantativement ce dernier, et faisait

alors le principal objet de l'exploitation. Son origine n'est pas douteuse, dans certains cas il a été amené exclusivement par des affluents latéraux qui étaient aurifères, et provient alors de filons de quartz démantelés, ou de roches acides diverses; dans d'autres il se rencontrait à l'origine associé au platine dans la même roche basique mère, dans ce dernier cas sa proportion dans le total des deux métaux est généralement notablement inférieure à celle du platine (souvent 2 à 5 °/。 du total des deux métaux).

§ 4. Distribution du platine dans les alluvions, teneur de celles-ci.

Le platine trouvé dans les sables, affecte la forme de petites pépites, de grains, ou de paillettes brillantes, qui sont d'autant plus petites qu'on les récolte plus en aval du point ou affleurent les roches qui formaient sans doute le gisement primaire. Cependant sur les très petits cours d'eau, dans les vallées sèches, comme aussi dans la région des sources des rivières plus importantes, le platine est fréquemment anguleux et souvent complètement noir. Dans ce dernier cas, il est recouvert d'une croûte plus ou moins épaisse de fer chromé qui peut masquer complètement le métal; il m'est arrivé en effet de voir certains schlichs qui paraissaient formés en majorité de fragments anguleux et plus ou moins volumineux de chrômite, lesquels n'étaient en réalité que des grains ou pépites de platine encore recouverts de leur croûte de fer chromé. Le décapage du platine noir doit se faire assez rapidement, car après avoir roulé avec les galets sur un parcours de 4 à 5

kilomètres il est déjà en partie décortiqué. Ainsi sur la rivière Sosnowka-Koswinsky, à trois ou quatre kilomètres de son embouchure dans la rivière Tilaï, le platine est encore en partie noirâtre et anguleux, en aval il devient sensiblement plus blanc, et près de l'embouchure il était paraît-il complètement décortiqué. J'ai attaqué au bisulfate de potasse une pépite de platine enveloppée de fer chromé, de façon à la débarrasser complètement de son enveloppe sans altérer sa forme. Le platine, au contact immédiat du fer chromé, paraissait spongieux et avoir formé une association par pénétration intime avec lui ; dans l'intérieur le métal était parfaitement compact.

La grosseur du platine à roulage égal, varie beaucoup selon le gisement, et dépend de l'état initial sous lequel il se trouvait dans la roche mère. Certaines alluvions ne renferment que du platine fin même dans les régions voisines des sources ; d'autres par contre contiennent du platine plutôt grossier, voire même des pépites assez volumineuses ; les placers de Tagil paraissent avoir été exceptionnellement favorisés à cet égard, on y a rencontré certaines pépites dont le poids dépassait 10 kilogrammes. De grosses pépites ont été également trouvées sur certaines laveries de la rivière Iss ou de ses affluents, sur le territoire de Bissersk (propriétés du comte Schouwaloff).

La distribution du platine dans l'alluvion dépend de plusieurs facteurs qui sont : la forme du lit, la présence d'affluents latéraux platinifères ou non, le contact répété de roches différentes le long de l'ancien lit, etc. Le platine s'accumule généralement dans les parties les plus basses de l'alluvion platinifère et la teneur croît

régulièrement de haut en bas; d'autres fois cependant celle-ci reste à peu près constante sur une certaine épaisseur et augmente brusquement dans les couches les plus profondes (à Kitlim par exemple, l'alluvion platinifère mesure 2 m. environ, mais elle est excessivement pauvre, tout le platine se concentre à la base dans une couche de 0,20 c.). Lorsque la roche en place qui supporte l'alluvion est très altérée et morcelée, il n'est pas rare de voir le platine descendre dans les interstices et s'y accumuler, il est de la sorte toujours nécessaire d'enlever une certaine épaisseur de cette roche en place décomposée, et de soumettre le tout au lavage, car le platine peut dans certains cas passer presque entièrement dans le bedrock. Lorsque le lit présente localement des excavations en forme de poche, le platine s'y accumule volontiers, les graviers contenus dans certaines de ces poches ont été parfois d'une richesse surprenante. Quand il existe deux couches platinifères séparées par du stérile, c'est plutôt la supérieure à faciès sableux qui paraît être la plus riche, la couche inférieure argileuse est d'habitude plus pauvre ; l'inverse cependant peut aussi se rencontrer. M. le prof. Zaetzeff signale en effet un certain nombre de laveries où l'on peut constater l'un ou l'autre de ces deux phénomènes.

En thèse générale, lorsqu'il n'y a pas d'affluents latéraux, la teneur moyenne des alluvions décroît de l'amont vers l'aval ; souvent les alluvions de la partie supérieure du cours des rivières platinifères sont cependant très pauvres, cela tient à la rapidité de la pente en cet endroit, car on voit apparaître immédiatement le platine là où il y a diminution brusque et sensible de

celle-ci. Comme l'ancien lit d'un cours d'eau ne correspond presque jamais avec le lit actuel, il en résulte que ce n'est que bien rarement que l'alluvion la plus riche se trouve directement sous le lit contemporain, en général l'axe de l'ancien Thalweg est rejeté à une distance souvent considérable à droite ou à gauche, c'est souvent suivant cet axe que les alluvions sont le plus riches. L'action des affluents latéraux est également très manifeste, ils contribuent selon les cas à augmenter ou à diminuer la teneur de l'alluvion de la rivière dans laquelle ils se jettent, et cela d'une manière très sensible. Tel affluent qui, vu la rapidité de son cours, n'est que très peu platinifère, a cependant contribué à enrichir les alluvions de la rivière qui le reçoit, en aval de son confluent. Lorsque le long du cours d'une rivière platinifère il existe des contacts répétés de roches de différente nature, on observe souvent que c'est au contact de deux formations que les alluvions sont le plus riches. Dans certaines parties du lit des rivières platinifères du district de Tagil et de Goroblagodat, formées par des calcaires, il n'est pas rare de voir le platine descendre très profondément dans l'intérieur du bedrock, toujours fortement fissuré et crevassé (quelquefois jusqu'à 4 à 5 mètres).

La teneur des alluvions platinifères est évidemment très variable et il est difficile d'établir une moyenne qui soit réellement l'expression de la réalité. Cette teneur s'est d'ailleurs presque toujours régulièrement abaissée sur un même gisement depuis le commencement de son exploitation, et ce par le fait que l'on a généralement travaillé au début les parties les plus riches, surtout à l'époque où la valeur du platine était

peu considérable. Il en résulte que la plupart des laveries travaillent en ce moment des alluvions relativement pauvres. Certains sables platinifères se sont distingués par une richesse vraiment exceptionnelle (placers de Tagil, placers du comte Schouwaloff sur la rivière Iss). A Tagil, certaines alluvions ont donné jusqu'à 100 et 110 grammes de platine par tonne ; ce fait est cependant tout-à-fait exceptionnel, la teneur des sables dans cette localité s'est dans une période assez récente, abaissée de 9 grammes, à 2,8 et 3 grammes, puis à 2,5 gr. Sur la rivière Iss et sur la Wyja, les teneurs varient de 5 à 7 gr. jusqu'à 2-3 gr. ; sur les rivières Sosnowka, la teneur moyenne est de 2,5 gr. ; sur la rivière Kitlim l'alluvion est très pauvre, et titre en moyenne 1,7 gr. par tonne.

La composition chimique du platine est également très variable. Le métal est dans la plupart des cas, accompagné d'osmiure d'iridium, de palladium, quelquefois de rhodium, il renferme très souvent aussi de l'or, puis un peu de cuivre et surtout du fer. Dans ce dernier cas, il devient noir et magnétique (platines de Nijni-Tagil, etc.). Le platine d'une partie des gisements de la rivière Iss (comte Schouwaloff, société française, etc.) est en général blanc et riche, il tient en moyenne 85 à 88 °/₀ de Pt., le platine de la petite Koswa est tout-à-fait analogue comme aspect et comme teneur, il renferme de plus un peu d'or. Le platine de Tagil est généralement beaucoup plus pauvre et titre de 70 à 76 °/₀ de Pt, il renferme toujours une forte proportion de fer, le platine des deux rivières Sosnowka se comporte de même, c'est également un platine noir muni de son enveloppe de fer chromé et d'une teneur plutôt basse (68 à 75 °/₀ de Pt.

Nous donnerons ici quelques analyses complètes faites sur des pépites de platine de l'Oural, qui montreront les variations dans la composition chimique.

Analyses.

	I	II	III	IV	V
Pt.	83.07	82.46	81.34	76.22	86.50
Jr	1.91	1.21	2.42	traces	—
Rh	0.50	2.35	2.14	2.50	1.15
Pd	0.29	0.23	0.30	1.87	1.40
Os	—	—	—	—	1.08
Ru	—	—	—	—	—
J. O.	1.80	—	—	—	—
Au	—	—	—	—	—
Fe	10.79	11.23	11.48	17.30	8.32
Cu	1.30	0.64	1.13	0.36	0.45
Mn	—	—	—	—	—
Insoluble	—	1.38	0.57	0.50	—
Sable	—	—	—	—	—
Perte	—	0.50	0.52	1.25	—
	99.72	100.00	100.00	100.00	100.00

I = Platine de Nijni Tagil. G. Osann. Poggendorf. Annales XIV 1829, p. 156.
II = Idem Minchin
III = Idem Idem
IV = Platine de Goroblagodat Idem
V = Idem Berzelius Köng. Vet. Acad. Hand. Stockholm 1828, p. 113.

(A suivre.)

SUR QUELQUES DÉRIVÉS

DE LA

DIPHÉNYLAMINE ET DES TOLYLPHÉNYLAMINES

PAR

Frédéric REVERDIN et Pierre CRÉPIEUX

Nos recherches dans le domaine des matières colorantes nous ont conduits à préparer quelques dérivés de la diphénylamine et des tolylphénylamines ; ces combinaisons, à l'exception de l'o et de la p-tolyl-o' p' dinitrophénylamines, n'ayant pas encore été décrites, à notre connaissance du moins, le but de ces lignes est de combler quelques lacunes de la bibliographie chimique sur ce sujet.

Orthotolyl-2' 4' dinitrophénylamine :

$$\underset{(2)}{C^6H^4.CH^3}.NH.\underset{(2'\cdot 4')}{C^6H^3(NO^2)^2}$$

Ce composé déjà décrit par Leymann[1] et par Muttelet[2], a été préparé en chauffant au bain d'huile pendant une heure à 200° un mélange de 11 gr. d'o-toluidine, 20 gr. de chlordinitrobenzène et 10 gr. d'acétate de soude fondu. Le produit de la réaction,

[1] *Berichte* t. 15, p. 1236 et dissertation inaugurale.

[2] *Ann. Chim. et Phys.* t. 14, p. 391-432.

après avoir été traité par l'eau additionnée d'acide chlorhydrique, lavé et séché, a été cristallisé dans un mélange d'acétone et d'alcool (1 partie d'acétone et 3 à 4 parties d'alcool). Il se dépose sous la forme de prismes jaune-citron, F = 129°.

Les auteurs ci-dessus lui ont attribué le point de fusion de 101-102° et le décrivent, l'un comme un composé cristallisant en aiguilles rouge-brun, l'autre comme étant de couleur jaune-orange. Il faut supposer qu'ils ont eu entre les mains un produit incomplètement purifié. Nous avons remarqué que cette substance se présente sous deux modifications fondant à la même température. L'une est en prismes jaune-citron, l'autre en aiguilles orange, cette dernière passant à la modification jaune-citron lorsqu'on la chauffe. Nous n'avons pas déterminé exactement les conditions dans lesquelles se forme la modification orange, mais c'est spécialement par cristallisation lente dans beaucoup d'alcool ou dans un mélange d'alcool et de chloroforme que nous l'avons observée ; les cristaux orange se déposent en général après les cristaux jaune-citron, que l'on obtient le plus facilement.

L'o-tolyldinitrophénylamine est très soluble dans l'acétone, le chloroforme, le benzène et l'acide acétique, un peu soluble dans l'éther, difficilement soluble dans la ligroïne, assez soluble dans l'alcool bouillant.

0.1674 gr. Sbst. 23.2 ccm. N (14°, 729 mm.)
$C^{13}H^{11}O^4N^3$ Calculé : N 15.38 Trouvé : N 15.64

En chauffant pendant une heure au bain marie le produit de condensation ci-dessus avec 4 parties d'acide nitrique de D = 1.2, nous avons obtenu, dans des

conditions qu'il resterait à préciser exactement, une une ortho-tolyldinitrophénylamine *mono* ou *dinitrée*.

Le dérivé *mononitré* se dépose dans un mélange d'acétone et d'alcool sous la forme de petits cristaux prismatiques jaune-brun F = 158°; il est très soluble dans l'acétone, le chloroforme, le benzène et l'acide acétique, peu soluble dans l'éther, très peu soluble dans la ligroïne ; il se dissout à chaud dans l'alcool.

0.1554 gr. Sbst. 25.1 ccm. N (16°, 724 mm.)
$C^{13}H^{10}O^6N^4$ Calculé : N 17.61 Trouvé : N 17.93

Le dérivé *dinitré* cristallise en jolis prismes jaunes dans un mélange d'alcool et d'acétone ; il est soluble dans l'acide acétique, l'acétone, le chloroforme, un peu soluble à chaud dans le benzène, l'alcool éthylique ou méthylique, insoluble dans l'éther, la ligroïne, le sulfure de carbone et l'eau. F = 190°.

0.2300 gr. Sbst. 40.3 ccm. N (22°, 736 mm.)
$C^{13}H^9O^8N^5$ Calculé : N 19.28 Trouvé : N 19.20

Nous avons encore condensé l'-o-toluidine avec le chlorure de picryle et avons obtenu une *orthotolyl-2' 4' 6' trinitrophénylamine*

$$\underset{(1)}{C^6H^4.CH^3}.NH.\underset{(2'\,4'\,6')}{C^6H^2(NO^2)_3}$$

Ce produit cristallise dans le mélange d'alcool et d'acétone en magnifiques prismes rouge-orange, brillants, F = 164°.

Il est très soluble dans l'acétone, le chloroforme, le benzène et l'acide acétique, peu soluble dans l'éther, très peu soluble dans la ligroïne, soluble à chaud dans l'alcool, peu soluble à froid.

0.1269 gr. Sbst. 20 ccm. N (15°, 731 mm.)
$C^{13}H^{10}O^6N^4$ Calculé : N 17.61 Trouvé : N 17.74

Métatolyl-2' 4' dinitrophénylamine

$C^6H^4.CH^3NH.C^6H^3(NO^2)_2$
(3) (2' 4')

Préparé comme le dérivé ortho correspondant, il cristallise dans un mélange d'acétone et d'alcool sous la forme de très petites aiguilles, réunies en houppes, de couleur rouge-ocre, F = 161°.

Il est très soluble dans l'acétone, le chloroforme et le benzène, assez soluble dans l'éther, très peu soluble dans l'acide acétique chaud, modérément dans l'alcool chaud.

0.1558 gr. Sbst. 22 ccm N (18°, 728 mm.)
$C^{13}H^{11}O^4N^3$ Calculé : N 15.38 Trouvé : N 15.60

En essayant de nitrer ce produit, nous avons obtenu un dérivé que nous n'avons pu faire cristalliser dans aucun des véhicules usuels ; nous n'avons donc pu en fixer le point de fusion ni en faire l'analyse.

Paratolyl-2' 4' dinitrophénylamine

$C^6H^4CH^3NHC^6H^3(NO^2)_2$
(4) (2' 4')

Ce produit déjà connu (aiguilles rouges, F = 137°)[1] a été préparé par nous pour en faire le dérivé nitré ; en opérant dans les conditions indiquées ci-dessus, nous avons obtenu, après cristallisation dans l'alcool, un composé F = 219°, cristallisant en aiguilles volumineuses jaune-brun et correspondant à un *tétranitro-p-tolyl-*

[1] Nous avons trouvé pour ce produit, après des purifications répétées, un point de fusion 134-135°, inférieur à celui qui est indiqué dans la bibliographie.

phénylamine; il possède les mêmes caractères de solubilité que les dérivés nitrés précédemment décrits.

0.1338 gr. Sbst. 23.4 ccm. N (16°, 727 mm.)
$C^{12}H^{9}O^{6}N^{5}$ Calculé . N 19,28 Trouvé : N 19.49

Le *dérivé acétylé* de la p-tolyl-2′ 4′ dinitrophénylamine, que nous avons préparé par l'action de l'anhydride acétique en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, cristallise en prismes incolores, F = 141-142°. Il est très soluble dans la plupart des dissolvants, peu soluble dans l'éther et dans le sulfure de carbone, insoluble dans la ligroïne

0.1613 gr. Sbst. 19.4 ccm. N (16°, 724 mm.)
$C^{15}H^{13}O^{5}N^{3}$ Calculé : N 13.33 Trouvé : N 13.35

Orthochlor-2′ 4′-dinitrodiphénylamine.

$C^6H^4ClNH.C^6H^3(NO^2)_2$.
(2) (2′ 4′)

Préparée en partant de l'o- chloraniline, elle cristallise dans le mélange d'acétone et d'alcool en longues aiguilles jaune d'or, F = 148-149°. Elle est très soluble dans l'acétone, le chloroforme, le benzène et l'acide acétique, un peu soluble dans l'éther, très peu dans la ligroïne; l'alcool la dissout assez facilement à chaud pour l'abandonner ensuite par le refroidissement.

0.1406 gr. Sbst. 18 ccm. N (16°, 731 mm.)
$C^{12}H^{8}O^{4}N^{3}Cl$ Calculé : N 14.31 Trouvé : N 14.34

Ce produit, nitré dans les conditions habituelles, fournit une chlortrinitrodiphénylamine cristallisant dans l'acétone diluée en petits prismes jaunes; F = 165-166° et possédant les mêmes solubilités que les précé-

dents. La constitution de ce dérivé a été établie comme étant celle d'une *2 chlor 4.2' 4' trinitrodiphénylamine*

$$C^6H^3Cl.NO^2.NHC^6H^3(NO^2)_2$$
$$(2)\ (4)\qquad (2'\ 4')$$

car on obtient ce même composé, identifié par toutes ses propriétés, par chloruration de la 4.2'4' trinitrodiphénylamine, en milieu acétique et au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique. Cette dernière F = 187-188° (Austen[1] 181°) avait été préparée elle-même par fusion du chlordinitrobenzène et de la p-nitraniline en présence d'acétate de soude.

0.1326 gr. Sbst. 20.9 ccm. N (25°, 733 mm.)
$C^{12}H^7O^6N^4Cl$ Calculé : N 16.54 Trouvé : N 16.93

Métachlor-2' 4' dinitrodiphénylamine

$$C^6H^4ClNH.C^6H^3(NO^2)_2$$
$$(3)\qquad (2'\ 4')$$

Elle cristallise dans l'acétone additionnée d'eau ou d'alcool en agrégats d'aiguilles feutrées, jaune-orange, F = 182-183°.

Elle est très soluble dans l'acide acétique cristallisable, l'acétone, le benzène, le chloroforme, assez soluble dans le sulfure de carbone, très peu soluble dans l'alcool et l'éther, insoluble dans la ligroïne.

0.1871 gr. Sbst. 24.6 ccm. N (21°, 732 mm.)
$C^{12}H^8O^4N^3Cl$ Calculé : N 14.31 Trouvé : N 14.39

Elle fournit par nitration une *chlortrinitrodiphénylamine* que nous n'avons cependant pu, faute de

[1] *Berichte*, t. 7, p. 1250 (1874).

substance, obtenir à l'état complètement pur comme l'indique l'analyse ; le point de fusion le plus élevé a été 209°. Ce dérivé se présente sous la forme d'un corps jaune à cristallisation confuse, très soluble dans l'acide acétique cristallisable, l'acétone, le benzène, le chloroforme, peu soluble dans le sulfure de carbone, l'alcool et l'éther, insoluble dans le ligroïne.

0.1816 gr. Sbst. 27.6 ccm. N (24°, 730 mm.)
$C^{12}H^{7}O^{6}N^{4}Cl$ Calculé : N 16.54 Trouvé : N 16.35

Parachlor-2' 4' dinitrodiphénylamine

$C^{6}H^{4}ClNH.C^{6}H^{3}(NO^{2})_{2}$
(4) (2' 4')

Elle est en petites aiguilles rouge-orange, F = 165°, très soluble dans l'acétone, le chloroforme et le benzène, assez soluble dans l'éther, presque insoluble dans la ligroïne ; l'acide acétique et l'alcool la dissolvent à chaud puis l'abandonnent par refroidissement.

0.1412 gr. Sbst. 18.4 ccm. N (18°, 731 mm.)
$C^{12}H^{8}O^{4}N^{3}Cl$ Calculé : N 14.31 Trouvé : N 14.47

Elle fournit par nitration une *p-chlortetranitrodiphénylamine*, laquelle cristallise dans le mélange d'acétone et d'alcool en prismes jaune-ambre, F = 182-183° et présente les mêmes caractères de solubilité que le dérivé nitré précédent.

0.1449 gr. Sbst. 24.1 ccm. N (18°, 728 mm.)
$C^{12}H^{6}O^{8}N^{5}Cl$ Calculé : N 18.25 Trouvé : N 18.38

2.4 dichlor-2' 4' dinitrodiphénylamine.

$C^{6}H^{3}Cl^{2}NH.C^{6}H^{3}(NO^{2})2$
(2.4) (2' 4')

Préparée en partant de la 2-4 dichloraniline, elle

cristallise dans l'acétone étendue en longues aiguilles jaunes, F = 166°; elle est très soluble dans l'acide acétique cristallisable, l'acétone, le benzène, le chloroforme et le sulfure de carbone, peu soluble dans l'alcool, l'éther et la ligroïne.

0.1250 gr. Sbst. 15.5 ccm. N (29°, 731 mm.)
$C^{12}H^7O^4N^3Cl^2$ Calculé : N 12.80 Trouvé : N 13.00

Ce dérivé fournit par nitration une *dichlortetranitrodiphénylamine*, qui cristallise dans l'acétone étendue en gros prismes jaune-soufre, F = 198°, possédant les mêmes caractères de solubilité que les autres dérivés nitrés décrits..

0.1177 gr. Sbst. 18.7 ccm. N (26°, 732 mm,)
$C^{12}H^5O^8N^5Cl^2$ Calculé : N 16.75 Trouvé : N 16.95

Nous avons encore condensé le chlordinitrobenzène avec les acides o-toluidine-p-sulfonique et p-toluidine-o-sulfonique, ainsi qu'avec leurs amides, et avons obtenu les dérivés suivants qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été décrits :

2'-4' dinitrophényl-4-tolylamine-3-sulfonate de soude.

$C^6H^3.CH^3SO^3NaNH.C^6H^3(NO^2)_2$
(4) (3) (2' 4')

Ce dérivé a été préparé en fondant ensemble l'acide p-toluidine-o sulfonique, le chlordinitrobenzène et l'acétate de soude pendant 1 ½ heure à 150-160° et faisant cristalliser dans l'eau; on obtient ainsi de longs prismes rouges solubles dans l'eau et dans l'alcool.

0.2110 gr. Sbst. 21.8 ccm. N (23°, 734 mm.)
$C^{13}H^{10}O^7N^3SNa$ Calculé : N 11.20 Trouvé : N 11.23

Le dérivé correspondant de l'*acide o-toluidine-p-*

sulfonique présente les mêmes caractères que le précédent, sauf qu'il est de couleur plus jaune.

0.1435 gr. Sbst. 14.6 ccm. N (19°, 726 mm.)
$C^{13}H^{10}O^7N^3SNa$ Calculé : N 11.20 Trouvé : N 11.16

En partant des sulfamides correspondantes, nous avons obtenu la *4-méthyl 3-sulfamide 2' 4' dinitrodiphénylamine*

$C^6H^3CH^3SO^2NH^2NHC^6H^3(NO^2)_2$
(4) (3) (2' 4')

qui est en jolis cristaux prismatiques jaunes, F = 255°. Ce composé est soluble dans l'acétone chaude, très peu soluble dans le benzène à chaud, l'alcool, l'acide acétique, le chloroforme, insoluble dans la ligroïne et l'eau. Il se dissout dans les alcalis avec une couleur rouge foncé et est précipité de cette solution par les acides.

0.2382 gr. Sbst. 34 ccm. N (15°, 725 mm.)
$C^{13}H^{12}O^6N^4S$ Calculé : N 15.91 Trouvé : N 15.94

La *2 méthyl-5 sulfamide-2' 4' dinitrodiphénylamine*

$C^6H^3CH^3SO^2NH^2NH\ C^6H^3(NO^2)_2$
(2) (5) (2' 4')

cristallise en longs prismes jaune clair, F = 209°. Elle est facilement soluble dans l'acétone, soluble dans l'alcool à chaud, dans l'acide acétique cristallisable, difficilement soluble dans le chloroforme et le benzène, insoluble dans la ligroïne et dans l'eau. Elle se dissout, comme son isomère, en rouge foncé dans les alcalis et est précipitée de cette solution par les acides.

0.1720 gr. Sbst. 25.3 ccm. N (22°, 730 mm.)
$C^{13}H^{12}O^6N^4S$ Calculé : N 15.91. Trouvé : N 15.99

En terminant, nous tenons à remercier ici M. le Dr G. Dörr pour son aimable collaboration à une partie des ces recherches.

ÉTUDE

SUR LA

Morphologie et la Biologie de la feuille

CHEZ

L'HERACLEUM SPHONDYLIUM L.

Comportant un examen spécial des faits de dissymétrie et des conclusions systématiques

PAR

John BRIQUET

(*Suite et fin*[1].)

III. Conclusions.

1. *Considérations sur les faits de dissymétrie foliaire.* — On sait que la dissymétrie des segments foliaires latéraux, ou des folioles dans les feuilles composées, était déjà bien connue de A. P. de Candolle[2]. Cependant, pour cet auteur, la dissymétrie des pièces latérales était toujours basiscope. Depuis lors, on a signalé dans diverses familles, quelques exceptions à cette règle[3]. Les feuilles d'*Heracleum Sphondylium* à dissy-

[1] Voir *Archives*, février 1903, p. 189.

[2] A. P. de Candolle, Organographie végétale I, p. 345-348. Paris 1827.

[3] Voy. à ce sujet : Gœbel, Organographie der Pflanzen I, p. 106. Jena 1898.

métrie acroscope des segments latéraux sont un nouvel exemple à ajouter aux autres.

Les causes efficientes de cette dissymétrie nous sont absolument inconnues. A. P. de Candolle, partant de de l'idée que « ce sont toujours les côtés extérieurs qui se développent davantage », en concluait que la dissymétrie est dûe à ce que le côté intérieur est gêné dans son développement [1]. Mais cette explication, d'ailleurs très vague, ne peut rendre compte des faits de dissymétrie acroscope, dans lesquels c'est précisément le côté « intérieur » qui est favorisé. N.-J.-C. Müller a défendu la même idée en disant que dans les folioles dissymétriques des feuilles composées, il y a des « Hemmungen in der Blattfläche », c'est pourquoi « die Innenflächen sind verkümmert, bezogen auf ihre Aussenseiten [2] ». Plus tard, on abandonna les considérations purement mécaniques, pour recourir à l'action des causes extérieures. Hofmeister crut pouvoir expliquer la dissymétrie par l'action unilatérale de la pesanteur au cours de l'éclosion des bourgeons [3]. Cette théorie a été battue en brèche par M. Gœbel qui déclare avoir toujours vu la dissymétrie préexister dans les bourgeons, alors que les jeunes feuilles occupent des positions variables par rapport à l'horizon [4]. Nos recherches confirment entièrement ces données en ce qui concerne l'*Heracleum*. La dissymétrie se manifeste

[1] A. P. de Candolle, op. cit. p. 346.

[2] N.-J.-C. Müller, Handbuch der allgemeinen Botanik II, p. 403. Heidelberg 1880.

[3] Hofmeister, Allgemeine Morphologie der Gewächse, p. 592. Leipzig 1868.

[4] Gœbel, op. cit., p. 106.

dès le début par un développement exagéré d'un des côtés longtemps avant l'éclosion des bourgeons. On ne peut donc faire intervenir la pesanteur comme cause efficiente. H. Spencer[1] et M. Gœbel[2] ont cité des exemples dans lesquels la lumière favorisait tantôt le côté acroscope, tantôt le côté basiscope des segments.

Dans un mémoire récent, M. Nordhausen[3] a montré le rôle souvent considérable joué par la lumière et la pesanteur dans la production de la dissymétrie pour des feuilles de rameaux plagiotropes. La dissymétrie est souvent *induite* par la seule action de ces deux facteurs sur le bourgeon avant son éclosion. A côté de cela, l'auteur montre le rôle très grand joué par les causes intérieures échappant à l'expérimentation physique.

En ce qui concerne l'*Heracleum Sphondylium*, il ne peut s'agir de phénomènes d'induction de dissymétrie par des causes extérieures, quoique les rachis ramifiés de la feuille porteurs de segments puissent, au point de vue physiologique, être comparés à un rameau folié plagiotrope. Nous avons en effet montré plus haut qu'il existait quatre groupements différents de caractères de dissymétrie, que trois d'entre eux pouvaient coexister sur un même individu, enfin que la même feuille portait dans le cas de dissymétrie hétérogène, des paires de segments à dissymétrie opposée. Ce polymorphisme

[1] Herbert Spencer, Principles of biology II, p. 138-140. London 1867.

[2] Gœbel, op. cit., p. 107.

[3] Nordhausen, Untersuchungen über Asymmetrie von Laubblättern höherer Pflanzen, nebst Bemerkungen zur Anisophyllie (*Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot.* XXXVII, p. 12-54, 1901).

exclut tout phénomène d'induction de la part d'agents extérieurs ; car, dans le cas contraire, la dissymétrie devrait présenter les mêmes caractères dans tous les segments d'une même feuille.

Si les causes efficientes de la dissymétrie des segments latéraux chez les *Heracleum* sont entourées d'une obscurité complète, il n'en va guère mieux pour les « causes téléologiques », c'est-à-dire pour les raisons biologiques qui pourraient motiver la production de la dissymétrie, abstraction faite des causes efficientes inconnues.

M. Gœbel a cité quelques exemples fort élégants dans lesquels la dissymétrie se concilie avec une utilisation rationnelle de l'espace au point de vue de l'éclairage (feuilles à segments latéraux pourvus d'une dissymétrie basiscope chez le *Chelidonium majus* L.)[1]. Qu'en est-il dans l'*Heracleum Sphondylium ?*

Herbert Spencer, a, par une coïncidence précieuse, précisément pris l'*Heracleum Sphondylium* comme exemple d'une dissymétrie des segments produisant des effets biologiques heureux[2]. Il montre qu'un développement symétrique des segments aurait pour conséquence un recouvrement des paires de segments les uns par les autres, ce qui diminuerait l'intensité de la photosynthèse, d'où la justification physiologique de la dissymétrie.

Il est certain que dans les feuilles à segments pourvus d'une dissymétrie basiscope homogène, l'utilisation de l'espace quant à l'éclairage est aussi rationnelle que

[1] Goebel, op. cit., p. 107 et 108, fig. 78.

[2] Herbert Spencer, op. cit., p. 138-140, fig. 211.

possible. Mais la façon même dont cette utilisation s'opère dans les diverses formes étudiées de l'*Heracleum Sphondylium*, enlève aux faits de dissymétrie toute raison d'être au point de vue biologique.

L'analyse de quelques cas concrets démontrera facilement la vérité de ce qui précède.

1° Feuille basilaire exceptionnellement ternée-palmatiséquée de la var. *latifolium*. Segments latéraux à dissymétrie acroscope très marquée. Grand demi-diamètre des segments latéraux [1] 6-6,5 cm. Hauteur des auricules du segment terminal 2,5 cm. Angle de ramification du rachis 80°. Longueur du « pétiolule » 10 cm. Les marges des trois segments ne se touchent pas.

2° Feuille basilaire pinnatiséquée à 5 segments de la var. *latifolium*. Segments latéraux inférieurs à dissymétrie acroscope très marquée. Grand demi-diamètre des dits segments 4,6 cm. Hauteur des auricules des segments latéraux supérieurs 2 cm. Angle de ramification inférieur du rachis 50°. Longueur de l' « entre-nœud » du rachis 7 cm. Les marges des deux paires de segments latéraux se touchent à peine.

Segments latéraux supérieurs à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des dits segments 2,5 cm. Pas d'auricules au segment terminal. Angle de ramification supérieure du rachis 60°. Longueur du « pétiolule » 2 cm. Les marges des trois segments terminaux ne se touchent pas.

[1] Dans les segments à dissymétrie acroscope, le grand demi-diamètre du segment est acroscope, le petit demi-diamètre est basiscope. C'est l'inverse qui a lieu dans les segments à dissymétrie basiscope.



3° Feuille basilaire pinnatiséquée à 5 segments de la var. *latifolium*. Segments latéraux inférieurs à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des dits segments 3 cm. Hauteur des auricules des segments supérieurs 1,5 cm. Angle de ramification inférieure du rachis 70°. Longueur de l' « entrenœud » du rachis 5 cm. Les marges des deux paires de segments latéraux ne se touchent pas.

Segments latéraux supérieurs à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des dits segments 2-2, 3 cm. Hauteur des auricules du segment terminal 1 cm. Angle de ramification supérieure du rachis 75°. Longueur du « pétiolule » 3,2 cm. Les marges des trois segments supérieurs se touchent faiblement par leurs bords.

4° Feuille basilaire ternée-palmatiséquée de la var. *montanum*. Segments latéraux à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des segments latéraux 5 cm. Hauteur des auricules du segment terminal 3 cm. Angle de ramification du rachis 85°. Longueur du « pétiolule » 9 cm. Les marges des segments ne se touchent nulle part.

5° Feuille caulinaire inférieure ternée-palmatiséquée de la var. *arctifrons*. Segments latéraux à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des segments latéraux 6-7 cm. Segment terminal tronqué. Angle de ramification du rachis 53°. Longeur du « pétiolule » 8 cm. Les lobes acroscopes des segments latéraux sont recouverts à l'extrémité par les lobes basiscopes du segment terminal.

6° Feuille basilaire pinnatiséquée (à 5 segments) de la var. *stenophyllum*. Segments latéraux inférieurs à

dissymétrie acroscope très marqué. Grand demi-diamètre des dits segments 9 cm. Angle de ramification inférieure du rachis 90°. Longueur de l' « entrenœud » du rachis 7 cm. Les plus longs lobes acroscopes de ce segment sont légèrement recouverts au sommet par les lobes basiscopes du segment suivant.

Segments latéraux supérieurs à dissymétrie basiscope très marquée. Petit demi-diamètre des dits segments 3 cm. Segment terminal tronqué à la base. Angle de ramification supérieure du rachis 45°. Longueur du « pétiolule » 4 cm. Les lobes acroscopes les plus longs sont légèrement recouverts à l'extrémité par les lobes basiscopes du segment terminal.

Il résulte de ces exemples, choisis au hasard parmi de nombreux autres, que *quelle que soit la forme de la dissymétrie* (acroscope ou basiscope), *que la dissymétrie soit homogène ou hétérogène dans la même feuille, la disposition est telle que les segments ne se recouvrent pas ou se recouvrent le moins possible les uns les autres*. Ce résultat biologique repose entièrement sur le mécanisme de l'allongement des « pétiolules » et des « entrenœuds » du rachis, ainsi que sur l'ouverture des angles de ramification du rachis. La longueur de ces organes varie d'une plante à l'autre ; elle tend partout a être telle que les segments et leurs lobes soient suffisamment écartés les uns des autres pour ne pas se gêner mutuellement[1].

[1] Il faut naturellement s'adresser à des feuilles entièrement développées pour juger correctement l'organisation au point de vue biologique. Il arrive en effet fréquemment que, au cours du développement, la croissance en surface des segments et de leurs lobes est si intense que la croissance intercalaire du rachis reste considérablement en arrière. Il se produit alors des recouvrements partiels, mais ceux-ci ne sont que temporaires.

Faisons maintenant un retour sur la théorie d'Herbert Spencer. Si l'on voulait, avec ce célèbre philosophe, justifier au point de vue biologique la dissymétrie basiscope homogène des segments latéraux, en disant qu'à défaut de cette dissymétrie les segments se gêneraient mutuellement, on pourrait, fort des constatations qui précèdent, repousser cette conclusion. Et l'on pourrait répondre avec plus de vraisemblance que ce recouvrement serait facilement et certainement évité par un simple allongement des pétiolules et des « entre-nœuds » du rachis. C'est en effet ainsi que dans l'*Heracleum Sphondylium*, tous les inconvénients possibles provenant des diverses dispositions morphologiques de la feuille sont corrigés.

Nous sommes donc aussi peu avancés en ce qui concerne les raisons biologiques des faits de dissymétrie, qu'en ce qui regarde leurs causes efficientes. Il ne reste plus qu'à les envisager comme des « variantes d'organisation ». Nous savons que, dans beaucoup de cas, cette expression ne sert qu'à voiler l'ignorance du chercheur. Mais ici, si l'on tient compte de la variabilité des formes de l'*Heracleum Sphondylium*, de la présence des dissymétries tantôt acroscope, tantôt basiscope sur des individus d'ailleurs identiques de la même variété — bien plus — sur le même individu ou dans la même feuille, on conviendra que cette solution s'impose fatalement à l'esprit. *Les caractères de dissymétrie des segments foliaires de l'Heracleum Sphondylium sont donc, pour nous, dûs uniquement à des causes internes siégeant dans l'idioplasma ; ils ne sont pas dûs à l'action de causes extérieures ; ils sont actuellement sans raison d'être au point de vue biologique.*

Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous paraît impossible de préciser la nature des forces intérieures qui agissent pour produire la dissymétrie. Nous ne voyons pas bien ce que l'on a gagné en désignant sous les noms d'*exotrophie* et d'*endotrophie* l'ensemble des causes inconnues qui provoquent la dissymétrie tantôt du côté externe, tantôt du côté interne d'un organe [1], puisque l'auteur de ces désignations semble avoir abandonné l'explication physiologique qu'il y rattachait, et qui était tirée de différences dans la nutrition des parties dissymétriques. Quant à admettre avec M. Noll [2], même avec les restrictions qu'a apporté M. Nordhausen [3], que la dissymétrie puisse être « l'expression d'une faculté spéciale de l'organisme pour la perception de la forme de son propre corps », nous avouons ne savoir *actuellement* trouver dans cette expression, quoique l'auteur s'en défende, autre chose qu'un ingénieux anthropomorphisme. Cette explication fût-elle vraie, qu'elle serait encore inapplicable aux plantes à dissymétrie polymorphe comme l'est l'*Heracleum Sphondylium*.

2. *Conclusions systématiques.* — Le point de départ de cette étude nous a été fourni par des recherches d'ordre systématique sur les races ou variétés dont la réunion constitue l'*Heracleum Sphondylium*. Revenons maintenant aux problèmes systématiques dont la solu-

[1] Wiesner, Vorläufige Mittheilung über die Erscheinung der Exotrophie (*Ber. der deutsch. bot. Gesellsch.* X, 1892).

[2] Noll, Ueber die Körperform als Ursache von formativen und Orientirungsreizen (*Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn* 1900, p. 1-6).

[3] Nordhausen, op. cit., p. 51.

tion découle tout naturellement de ce qui précède. Les caractères qui ont été utilisés pour la distinction des variétés, regardées à tort comme des espèces distinctes, sont les suivants : feuilles pinnatiséquées et palmatiséquées ; platyphyllie et sténophyllie ; intensité de l'indument; intensité de la dissymétrie des segments latéraux. Examinons successivement la signification de ces caractères.

Passage des feuilles pinnatiséquées aux feuilles ternées-palmatiséquées. — On attribue généralement des feuilles pinnatiséquées à 5 segments et plus aux var. *granatense*, *latifolium* et *stenophyllum*, tandis que les var. *montanum*, *setosum et arctifrons* posséderaient des feuilles palmatiséquées à trois segments.

Il convient d'abord de remarquer que chez les variétés *granatense*, *latifolium* et *stenophyllum*, on trouve çà et là des feuilles (même basilaires !) ternées-palmatiséquées mêlées aux feuilles « normales » pinnatiséquées. On est donc obligé, ou bien de restreindre l'application des termes *montanum*, *setosum* et *arctifrons* aux seuls échantillons dont *toutes* les feuilles ont trois segments — ou bien de rattacher les échantillons à feuilles mixtes à l'un ou l'autre des deux groupes d'après la prédominance numérique d'une des formes de feuilles sur l'autre.

Mais il se présente encore une autre difficulté. Nous avons insisté plus haut (p. 209) sur ce fait que les sinus séparant les lobes du segment terminal sont de profondeur variable. Il y a là une source d'hésitation continuelle. Si, dans une feuille palmatiséquée les sinus du segment terminal atteignent la nervure médiane, on peut rester dans le doute sur l'attribution de l'échan-



tillon à un des deux groupes. On peut en effet envisager les feuilles comme ternées-palmatiséquées à segment terminal très divisé, ou bien comme pinnatiséquées à segments terminaux sessiles. En réalité, ces échantillons n'appartiennent nettement ni à l'un, ni à l'autre des deux groupes. Ils sont les anneaux d'une série continue de formes intermédiaires dont les représentants ne sont pas rares dans les vallées des Alpes occidentales et dans le Jura.

Il ne saurait donc être question de séparer spécifiquement les formes à feuilles pinnatiséquées de celles à feuilles ternées-palmatiséquées.

Platyphyllie et sténophyllie. — Si différentes que soient au premier abord les formes platyphylles des formes sténophylles, il est cependant impossible de les considérer comme appartenant à des espèces distinctes. Les transitions sont en effet si nombreuses entre les deux types, qu'elles se sont presque imposées à l'attion des botanistes. Nous avons étudié en Suisse et dans les Alpes maritimes des formes de passage entre les variétés *latifolium* et *stenophyllum* ; dans les Alpes Maritimes et en Savoie des formes de passage entre les variétés *montanum* et *arctifrons*.

D'ailleurs, la différenciation en formes sténophylles et platyphylles à l'intérieur de la même espèce est un phénomène très répandu chez les Ombellifères (par exemple dans les genres *Laserpitium*, *Peucedanum*, *Angelica*, *Bupleurum*, etc.). Cette constatation doit à elle seule, en l'absence d'autres caractères morphologiques, rendre prudent dans l'interprétation systématique des formes sténophylles.

Intensité de l'indument. — C'est sur l'intensité de

l'indument que sont basés les *Heracleum granatense* Boiss. et *H. setosum* Lap., dont les feuilles sont parfois presque blanches-tomateuses en dessous. Mais les cas « atypiques » à ce point de vue sont si nombreux que ces distinctions ne peuvent être maintenues, autrement que pour des variétés. Nous connaissons tels échantillons de la var. *granatense* (par exemple plusieurs de ceux distribués par Bourgeau dans ses *Plantes d'Espagne*, année 1851, sous le n° 1195) que l'on rattache à cette variété essentiellement à cause de leur provenance espagnole ! Récoltés dans l'Europe centrale, personne n'hésiterait à les classer dans la variété *latifolium* comme forme un peu velue [1]. Il en est de même pour la variété *setosum* qui passe par tous les intermédiaires possibles à la var. *montanum*.

Intensité de la dissymétrie des segments latéraux. — Il s'agit ici de caractères nouveaux introduits en 1901 dans la systématique du genre *Heracleum* par MM. Rouy et Camus [2]. Ces auteurs distinguent deux « espèces » à feuilles ternées-palmatiséquées, dont l'une (*H. montanum*) aurait les segments latéraux pédalés, l'autre (*H. setosum*) aurait des segments latéraux non

[1] Certains auteurs tendent à abuser de la « méthode morphologico-géographique ». Si les renseignements tirés de l'aire géographique d'une variété ou d'une espèce sont de précieux auxiliaires dans l'étude des affinités et des origines phylogénétiques probables, ils ne doivent cependant pas faire passer sous silence des caractères morphologiques essentiels, sous prétexte que les individus qui les présentent sont situés en dehors de l'aire spécifique arrêtée par l'auteur. Ce système commode simplifie les problèmes phylogénétiques, mais a le grave inconvénient de torturer les faits.

[2] Rouy et Camus, Flore de France, VII, p. 381 et 382. Paris 1901.

pédalés. Les descriptions précisent les sens de ces termes. Dans l'*H. montanum*, les segments latéraux seraient indivis du côté interne (acroscope) et partits du côté externe (basiscope). Dans l'*H. setosum*, les segments latéraux seraient pinnatilobés du côté intérieur (acroscope) et pinnatipartits du côté extérieur (basiscope). En d'autres termes, la dissymétrie basiscope qui caractérise ces deux plantes [1] est poussée chez l'une jusqu'à la disparition des lobes acroscopes, tandis que chez l'autre les lobes acroscopes sont seulement plus petits que les lobes basiscopes.

Nous comprenons très bien que l'on ait pu établir des distinctions semblables sur quelques échantillons, surtout si ces échantillons sont incomplets. Mais ce qui est certain, c'est qu'elles ne répondent pas aux résultats d'une étude basée sur d'abondants matériaux, et surtout d'une étude sur le terrain.

Les botanistes qui ont étudié la var. *montanum* dans ses localités classiques du Jura (Reculet, Dôle), auront peine à la reconnaître dans la description que MM. Rouy et Camus donnent de leur *Heracleum montanum* [2]. Dans la var. *montanum*, on voit de temps en temps des individus chez lesquels la dissymétrie basiscope des segments latéraux est poussée jusqu'à la pres-

[1] Les auteurs qui mentionnent la différence d'intensité de la dissymétrie chez leurs *Heracleum montanum* et *H. setosum*, sont muets sur la dissymétrie de leur *Heracleum Sphondylium*. Voy. Rouy et Camus, op. cit., p. 379.

[2] Nous laissons ici de côté les autres caractères attribués par les auteurs à leur *Heracleum montanum*. Ces caractères, en partie étrangers au véritable *H. montanum* Schleich., seront discutés dans le volume IV de la *Flore des Alpes maritimes* actuellement à l'impression.

que disparition des segments acroscopes, mais ce cas n'est pas toujours réalisé sur toutes les feuilles. Nous avons sous les yeux de beaux échantillons typiques, récoltés au Reculet et à la Dôle, dans lesquels une ou deux feuilles caulinaires sont nettement pédalées-palmatiséquées (au sens de MM. Rouy et Camus), tandis que dans les basilaires les segments latéraux présentent des lobes acroscopes très développés. D'autres échantillons, croissant pêle-mêle avec les précédents, nous ont offert des feuilles à segments latéraux *tous* pourvus de lobes acroscopes. Nous venons d'étudier en Savoie (août 1902), la var. *montanum* sur des centaines d'échantillons, la plupart d'entre eux nous ont offert des rosettes dont les feuilles initiales ont tous leurs segments confluents, mais il n'y avait presque pas deux individus exactement semblables au point de vue de l'intensité de la dissymétrie. Il existe tous les passages depuis les lobes acroscopes nuls jusqu'aux lobes acroscopes très développés et souvent les différentes formes se présentent sur les diverses feuilles d'un même individu.

Il faudrait d'ailleur se garder de croire que la dissymétrie poussée jusqu'à la disparition des lobes acroscopes soit spéciale à certaines feuilles de la var. *montanum*. Nous avons trouvé des feuilles semblables dans les variétés *latifolium*, *stenophyllum* et *arctifrons*. Enfin, pour donner une idée de la valeur de ces caractéres, nous insérons ici l'analyse sommaire *d'une rosette* appartenant à l'*Heracleum Sphondylium* composée de 4 feuilles[1]. Cette analyse, en fournissant la

[1] Echantillon récolté dans les prés près des sommets de la Roja, col de Tende (Alp. marit. italiennes) par Bastreri le 10 septembre 1892 (herb. Burnat).

mesure du polymorphisme individuel, résume dans un cas concret tout ce qui précède.

1re feuille. Ternée-palmatiséquée, les segments latéraux à dissymétrie acroscope très accentuée ; lobes basiscopes deux fois plus petits que les acroscopes.

2me feuille. Ternée-palmatiséquée, les segments latéraux à dissymétrie basiscope très marquée ; lobes acroscopes à peine reconnaissables (feuille pédalée-palmatiséquée de MM. Rouy et Camus).

3me feuille. Feuille ternée-palmatiséquée ou pinnatiséquée à 5 segments ; le segment terminal étant irrégulièrement divisé, le lobe médian isolé et « pétiolulé », on peut rapporter cette feuille indifféremment au type palmé ou penné (voy. plus haut p. 209) ; la paire inférieure de segments latéraux a une dissymétrie acroscope, à lobes basiscopes cependant très nets.

4me feuille. Feuille pinnatiséquée à 5 segments normaux, à dissymétrie des segments latéraux basiscopes.

Sur ces 4 feuilles, la quatrième présente des caractères de l'*H. Sphondylium*, la seconde de l'*H. montanum*, la première de l'*H. setosum*, la troisième a des caractères ambigus entre les *H. setosum* et *Sphondylium*.

Nous pensons, après cela, que les observateurs travaillant sur des matériaux assez étendus, surtout ceux qui voudront bien vérifier sur le terrain les faits énumérés dans ce mémoire, renonceront aux distinctions spécifiques forcément artificielles dont nous venons de faire la critique.

Forme de la dissymétrie des segments latéraux. — Cette forme (hétérogène, homogène acroscope ou homo-

gène basiscope) pouvant varier sur le même individu, il est évident qu'elle ne saurait fournir des caractères variétaux, et encore moins des caractères spécifiques. Nous les mentionnons ici pour éviter que quelque botaniste ne vienne utiliser au point de vue systématique les caractères de dissymétrie que nous avons découverts et décrits dans ce mémoire.

Conclusions phylogénétiques. — Nous tenons en terminant à attirer l'attention sur un phénomène dont nous avons parlé à plusieurs reprises dans des travaux antérieurs : celui des variations parallèles. Dans les deux groupes à feuilles pinnati- et palmatiséquées se présentent des variétés parallèles correspondantes. On peut les grouper ainsi :

Type pinnatiséqué	Type palmatiséqué
Variation platyphylle glabrescente	
var. *latifolium*	var. *montanum*
Variation platyphylle veloutée	
var. *granatense*	var. *setosum*
Variation sténophylle	
var. *stenophyllum*	var. *arctifrons*.

On voit donc que dans l'*Heracleum Sphondylium*, comme dans tant d'autres espèces polymorphes, les races ne présentent pas des caractères quelconques, mais que la variabilité est orientée dans certaines directions bien définies par le parallélisme des variations.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Août, Septembre, Octobre et Novembre 1902.

OBSERVATIONS DIVERSES

Août 1902.

Brouillard. — I *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 25 et 26 à Savatan, les 13, 17, 25 et 26 à Dailly, les 1, 3, 11 et 25 à l'Aiguille. — II *Brouillard pendant tout le jour* : le 26 à l'Aiguille.

Fœhn le 7 à Lavey et Savatan, le 19 à Lavey.

Orages les 1 et 2, dans la nuit du 7 au 8, le 8 et le 20.

Éclairs le 29 au N-W.

Septembre 1902.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 12, 13, 25 et 29 à Dailly, les 1, 5, 12, 13, 14, 19, 24, 25, 29 et 30 à l'Aiguille.

Fœhn le 4 au soir et dans la nuit du 10 au 11 à Savatan.

Orages le 5, dans la nuit du 11 au 12 et le 12.

(La suite après les tableaux.)

Mois d'Aout 1902.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et neige (hauteur mesurée)							
								Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.4	660.1	+14.5	+11.7	10.0	8.7	10.0	15.8	....	16.2	....	16.6	....	16.4	....
2	703.8	658.7	15.6	11.1	10.0	8.3	9.7	19.5	....	17.9	....	22.0	....	21.5	....
3	704.3	658.4	13.5	9.3	5.7	6.3	7.7	1.5	....	1.6	....	1.4	....	1.2	....
4	704.1	659.2	15.2	12.7	0.0	0.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	705.0	660.3	18.9	15.4	8.0	7.3	7.0	1.0	....	0.4	....	0.3	....	1.0	....
6	704.7	660.7	20.5	18.7	1.3	1.3	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.4	659.4	21.6	17.6	3.3	3.7	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
8	703.1	658.8	18.4	15.7	5.3	3.7	5.3	16.8	....	25.0	....	25.0	....	21.8	....
9	706.5	661.2	16.1	10.6	4.0	5.3	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	705.2	659.9	14.8	10.4	3.3	4.7	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	704.1	658.6	12.9	8.8	8.3	8.7	9.0	2.5	....	2.5	....	2.7	....	3.0	....
12	705.4	658.8	9.4	5.4	10.0	10.0	10.0	3.8	....	4.0	....	3.2	....	3.2	....
13	704.9	659.3	11.9	8.6	7.3	6.3	7.7	....	....	....	....	0.1	....	....	....
14	703.6	658.5	14.5	10.9	5.0	6.3	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	704.4	659.4	16.1	12.2	1.3	2.0	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	703.2	659.0	18.7	16.7	2.3	2.7	3.3	4.5	....	5.6	....	6.2	....	6.5	....
17	704.6	659.6	15.9	12.7	9.3	8.7	10.0	16.8	....	16.6	....	16.1	....	10.9	....
18	705.7	660.9	17.8	16.1	0.7	0.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
19	703.5	659.5	23.5	20.0	1.3	1.7	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	704.9	660.3	15.5	12.9	4.7	6.0	4.0	24.0	....	22.3	....	21.2	....	17.7	....
21	707.1	661.6	16.1	11.8	4.3	3.7	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	707.9	662.3	16.1	11.8	5.7	3.0	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.4	661.2	15.7	13.3	0.0	0.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
24	703.5	659.3	18.1	15.8	2.3	3.0	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
25	703.3	658.4	14.5	11.3	9.7	10.0	9.7	17.0	....	16.9	....	18.5	....	16.3	....
26	701.1	656.4	13.6	10.9	9.3	10.0	10.0	0.8	....	0.3	....	0.5	....	0.4	....
27	702.6	657.4	15.1	12.6	6.7	6.3	5.3	....	....	....	....	0.1	....	0.3	....
28	704.1	659.2	16.5	14.1	5.0	4.0	2.0	....	....	1.5	....	0.6	....	0.7	....
29	700.4	656.3	17.9	15.5	4.0	5.3	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	701.6	657.3	16.2	13.5	4.3	5.7	5.7	1.0	....	0.9	....	0.8	....	1.8	....
31	705.3	660.5	+15.3	+13.3	3.7	4.7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et neige (hauteur mesurée)							
								Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	706.1	661.2	+17.1	+13.6	6.7	8.3	8.0	....	....	....	....	1.1	....	1.0	....
2	705.4	660.7	17.5	15.3	1.0	1.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.3	660.5	19.9	16.7	0.0	0.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.6	660.5	20.2	18.0	2.0	0.7	0.3	2.0	....	2.8	....	1.3	....	1.2	....
5	706.6	660.6	15.3	13.2	8.7	6.7	9.0	12.0	....	12.2	....	11.2	....	12.0	....
6	706.3	660.9	11.9	9.3	6.3	5.7	6.3	1.5	....	1.4	....	2.1	....	2.0	....
7	706.5	660.8	13.5	11.0	1.7	0.0	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
8	706.7	661.4	15.0	12.7	1.3	2.0	2.7	....	....	....	....	....	....	....	....
9	704.6	660.1	17.2	17.3	4.0	4.3	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	704.5	660.0	18.7	15.6	5.3	5.3	8.0	4.2	....	6.4	....	6.2	....	6.4	....
11	702.7	658.1	15.9	13.5	5.0	4.7	7.3	5.1	....	7.3	....	4.9	....	5.3	....
12	698.2	653.8	13.9	11.6	8.3	7.0	9.3	14.5	....	13.8	....	15.1	....	13.0	....
13	700.8	655.4	10.5	7.2	9.7	9.3	9.7	7.6	....	9.0	....	13.7	....	13.4	....
14	703.6	657.9	10.5	6.2	6.7	6.3	8.0	....	....	....	....	0.1	....	....	....
15	706.2	660.0	11.7	6.9	6.0	4.3	4.3	....	....	....	....	....	....	0.3	....
16	706.0	660.4	12.1	7.8	2.0	1.0	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
17	705.7	660.0	12.5	8.4	1.7	5.3	6.3	0.1	....	...	....	0.2	....	0.2	....
18	707.2	661.1	11.9	7.9	3.0	1.7	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
19	709.2	662.9	9.7	7.8	2.0	1.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	710.3	664.1	12.2	10.6	0.0	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	708.8	663.0	14.0	14.7	1.0	0.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	706.9	660.9	12.7	11.4	0.0	2.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.1	660.6	14.1	12.3	1.7	1.7	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	706.8	661.4	14.8	10.9	8.7	10.0	9.7	1.1	....	0.5	....	1.8	....	3.5	....
25	708.0	662.1	13.4	9.6	6.3	6.7	6.7	....	....	....	....	0.1	....	....	....
26	707.7	662.0	12.7	9.6	1.7	4.0	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	707.0	661.2	12.1	9.2	0.0	3.3	0.0	....	...	....	....	....	....	....	....
28	703.0	657.0	10.9	6.7	5.3	7.3	6.7	0.5	....	0.8	....	0.5	....	....	....
29	698.1	652.2	6.9	2.6	8.3	9.7	10.0	0.4	....	0.7	....	1.1	....	1.7	....
30	697.2	651.2	+ 7.7	+ 3.6	6.0	8.0	7.3	23.4	...	23.5	....	25.3	1	19.9	5
Mois	705.20	659.73	+13.55	+10.71	4.0	4.3	4.4	72.4	....	78.4	....	84.7	1	79.9	5

Mois d'Octobre 1902.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et neige (hauteur mesurée)							
								Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°				mm.	cm.	mm.	cm.	mm	cm.	mm.	cm.
1	697 9	651.9	+ 6.8	+ 3.7	6.0	4.0	5.3	....	....	....	....	0.1	....	0.1	....
2	698.5	652.0	6.3	2.6	10.0	9.0	9.3	7.6	....	7.3	....	9.7	....	6.0	....
3	701.7	655.3	7.7	4.7	1.7	3.0	4.0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	701.0	655.2	8.3	6.5	4.3	10.0	9.7	0.3	....	0.2	....	0.3	....	0.3	....
5	698.8	653.1	8.5	7.7	9.7	10.0	6.3	1.5	....	1.3	....	1.2	....	0.9	....
6	700.0	653.8	8.3	4.5	8.7	9.0	10.0	2.3	....	3.2	....	3.9	....	3 2	....
7	699.7	653.6	6.1	3.8	5.7	4.0	5.3	0.7	....	1.0	....	1.0	....	0.9	....
8	701.5	655.4	9.7	5.8	6.0	8.3	9.0	....	...	0.1	....	0.4	....	0.4	....
9	699.5	654.2	14.3	12.2	6.3	8.7	5.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	699.0	653.4	13.0	11.1	7.7	9.0	8.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....
11	697.8	653.3	11.7	9.5	8.7	9.0	8.3	27.2	....	26.8	....	32.6	....	32.0	....
12	704.1	656.8	10.5	7.0	7.7	8.7	10.0	1 3	....	1.5	....	1.2	. . .	1.0	....
13	710.8	663.8	10.2	8.0	0.3	2.7	1.0	....	....	....	....	....	. . .	....	....
14	707.3	660 7	10.5	8.9	3.7	6.0	6.0	6.1	....	5.8	....	7.2	....	6.3	....
15	705.5	659.3	8.9	7.0	5.0	5.0	5.7	....	....	....	....	....	....	....	....
16	701.2	655.1	9.5	6.5	6.3	8.3	9.0	14.7	....	13.9	....	13.5	....	11.7	....
17	700.8	654.2	5.2	2.0	8.3	9.0	8.3	1.5	....	1.2	....	0.6	....	0.9	2
18	701.6	655.4	6.1	2.6	6.3	6.3	6.3	0.7	...	0.6	....	1.2	....	0.8	...
19	704.7	657.6	7.8	3.9	8.0	5.3	9.3	....	....	....	....	....	....	0.3	....
20	706.8	659.9	8.3	5.7	5.3	5.0	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
21	707 2	660.7	9.9	8.2	7.7	8.7	7.7	9.1	....	9.9	....	9.8	....	8.6	....
22	708.6	661.1	7.3	3.9	7.0	6.7	9.0	3.2	....	2.8	....	2.8	....	3.3	1
23	710 3	662.2	5.7	1.4	7.0	5.0	8.7	2.5	....	3.0	....	3.3	....	3 3	....
24	711.2	663.5	5.5	4.7	0.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	710.8	662.8	4.7	5.9	5.0	4.3	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	707.0	659.6	4.4	6.2	10.0	9.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
27	704.3	657.4	5.8	3.4	0.0	0.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	703.0	656.3	6.7	2.8	3.7	4.7	7.3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	702.6	655.8	5.8	3.2	2.7	3.3	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	704.3	656.9	4.7	3.0	7.7	7.0	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
31	704.8	657.6	+ 4.5	+ 0.4	9.3	9.3	10 0	....	....	....	....	....	....	....	....

Mois de Novembre 1902.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
								Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.1	657.5	+ 4.6	+ 0.6	3.0	2.7	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
2	705.3	657.8	3.9	0.4	5.0	5.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.6	659.8	5.3	7.0	0.0	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	705.4	658.7	5.7	5.6	0.0	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	703.0	657.0	5.9	8.5	7.0	6.3	4.0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	698.3	654.0	11.6	9.4	3.0	4.3	1.7	0.1	....	....	....	....	....	....	....
7	699.4	653.7	6.6	7.7	8.7	9.0	6.0	1.0	....	1.6	....	2.9	....	1.9	....
8	704.0	657.4	8.0	5.0	2.0	1.7	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
9	702.2	655.3	6.2	4.1	10.0	9.3	10.0	15.5	....	14.6	....	12.0	3	11.3	7
10	704.5	657.3	5.9	2.6	6.0	4.3	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	703.6	656.7	5.8	5.5	1.7	1.7	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	706.2	659.2	4.9	5.7	3.3	4.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	707.5	660.0	3.5	4.8	3.3	2.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	707.9	660.7	3.1	4.6	10.0	9.7	0.0	0.2	....	0.1	....	....	....	....	....
15	707.1	659.3	1.0	0.9	6.7	7.7	3.3	0.2	....	....	....	....	....	....	....
16	705.1	657.7	1.4	+ 1.0	3.3	4.7	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
17	702.2	654.8	0.1	− 3.2	10.0	9.0	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	698.6	651.2	+ 0.3	− 3.4	10.0	10.0	10.0	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
19	700.8	652.5	− 1.1	− 3.5	9.3	7.7	7.3	2.0	1	2.0	1	0.9	1	0.3	1
20	704.2	655.4	− 4.0	− 7.4	10.0	10.0	10.0	4.5	7	4.7	12	6.8	11	7.3	12
21	704.1	655.9	− 4.1	− 7.8	1.7	1.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	705.7	657.7	− 3.7	+ 0.7	0.0	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	707.0	659.1	− 0.3	0.3	2.3	0.0	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	702.6	655.8	+ 2.8	0.7	8.3	6.3	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....
25	693.9	647.6	3.7	1.2	10.0	7.7	9.7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	691.3	645.4	3.7	1.0	10.0	10.0	10.0	9.0	....	9.0	....	7.9	....	3.6	2
27	695.9	649.2	3.8	0.7	10.0	10.0	9.7	....	....	0.1	....	0.4	....	0.3	....
28	695.4	649.5	5.4	1.0	5.0	6.7	6.0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	691.5	646.4	9.8	4.2	9.0	9.0	8.3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	693.6	647.6	+ 7.5	+ 5.5	9.7	7.7	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	701.93	655.01	+ 3.58	+ 2.12	5.9	5.6	4.6	32.5	8	32.1	13	31.1	15	24.9	22

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1902

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	704.70	704.30	704.64	704.53	659.82	659.47	659.72	659.67
2me » ...	704.24	704.36	704.67	704.42	659.16	659.48	659.52	659.39
3me » ...	704.16	703.76	703.98	703.93	659.08	659.14	659.05	659.09
Mois..	704.36	704.09	704.42	704.29	659.34	659.36	659.42	659.37

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	+14.65	+18.89	+17.18	+16.91	+13.4	+21.3
2me » ...	13.70	17.64	15.54	15.63	11.9	20.5
3me » ...	14.09	17.65	16.02	15.92	13.0	20.1
Mois..	14.15	18.05	16.24	16.14	12.8	20.6
	Dailly					
1re décade...	+11.53	+14.99	+13.43	+13.32	+10.2	+17.4
2me » ...	10.35	13.55	13.37	12.42	8.6	16.7
3me » ...	11.22	14.88	13.14	13.08	10.2	17.2
Mois..	11.04	14.49	13.31	12.94	9.7	17.1

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1902

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	705.78	705.68	705.52	705.66	660.56	660.71	660.75	660.67
2me » ...	704.75	704.66	705.55	704.99	659.06	659.22	659.82	659.37
3me » ...	705.50	704.67	704.69	704.96	659.48	659.01	658.96	659.15
Mois .	705.34	705.01	705.25	705.20	659.70	659.65	659.85	659.73

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	+14.06	+18.90	+16.90	+16.62	+13.3	+21.2
2me » ..	10.04	14.20	12.04	12.09	9.1	16.1
3me » ...	9.34	14.70	11.76	11.93	9.0	16.0
Mois..	11.15	15.93	13.57	13.55	10.5	17.7
	Dailly					
1re décade...	+12.05	+16.37	+14.40	+14.27	+10.8	+18.3
2me » ...	7.39	10.12	8.84	8.78	5.7	12.3
3me » ...	7.26	11.64	8.28	9.06	6.3	12.1
Mois .	8.90	12.71	10.51	10.71	7.6	14.2

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1902

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	699.63	699.64	700.01	699.76	653.48	653.85	654.04	653.79
2me » ...	704.14	703.66	704.39	704.06	657.58	657.59	657.63	657.60
3me » ...	706.79	706.45	706.97	706.73	659.53	659.22	659.61	659.45
Mois..	703.62	703.35	703.89	703.62	656.95	656.96	657.17	657.03

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
Savatan	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 7.46	+10.08	+ 9.18	+ 8.91	+ 6.4	+12.4
2me » ...	7.34	10.62	8.62	8.86	6.7	12.5
3me » ...	4.18	8.09	5.47	5.91	3.7	9.1
Mois..	6.26	9.55	7.68	7.83	5.6	11.3
Dailly						
1re décade...	+ 4.98	+ 7.57	+ 6.24	+ 6.26	+ 3.1	+ 9.3
2me » ...	4.69	8.08	5.55	6.11	3.5	9.6
3me » ...	2.35	6.33	3.10	3.92	1.0	7.8
Mois..	3.95	7.29	4.91	5.38	2.5	8.9

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1902

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	703.65	703.07	703.43	703.38	656.99	656.55	657.03	656.86
2me » ...	704.32	704.15	704.46	704.31	656.74	656.71	656.82	656.76
3me » ...	698.37	697.65	698.27	698.10	651.64	651.18	651.44	651.42
Mois..	702.11	701.62	702.06	701.93	655.12	654.81	655.10	655.01

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
Savatan	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 3.62	+ 8.80	+ 6.70	+ 6.37	+ 3.0	+10.3
2me » ...	0.64	2.50	1.36	1.50	- 0.3	4.5
3me » ...	1.70	4.34	2.54	2.86	- 0.2	5.1
Mois..	+ 1.99	+ 5.21	+ 3.53	+ 3.58	+ 0.8	+ 6.6
Dailly						
1re décade...	+ 3.69	+ 7.20	+ 4.43	+ 5.10	+ 1.5	+ 9.0
2me » ...	- 0.41	2.10	- 0.16	0.51	- 2.3	3.9
3me » ...	- 0.90	2.27	+ 0.87	0.75	- 2.5	3.6
Mois..	+ 0.79	+ 3.86	+ 1.71	+ 2.12	- 1.1	+ 5.5

OBSERVATIONS DIVERSES (suite)

Octobre 1902.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 6, 29, 30 et 31 à Dailly, les 2, 6, 12, 13, 15, 22, 23, 26, 27, 28 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol le 1 à Dailly, les 1, 18 et 23 à l'Aiguille.

Fœhn les 4, 8 et 9 à Lavey et à Savatan.

Éclairs le 14 au N-W.

Novembre 1902.

Brouillard. — I *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 7 et 12 à Savatan, les 15, 16, 19, 20 et 27 à Dailly, les 1, 2, 10, 17, 18, 20, 26 et 27 à l'Aiguille. — II *Brouillard pendant tout le jour* : le 17 à Dailly.

Neige sur le sol du 20 au 25 à Lavey, du 20 au 22 à Savatan, le 10 et du 20 au 24 à Dailly, du 10 au 12, du 18 au 25 et du 27 au 30 à l'Aiguille.

Fœhn les 8, 28 et 30 à Lavey et à Savatan.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 9 mai 1902.

O. Billeter fils. De l'action du cyanate d'argent sur les chlorures d'aryles (2me partie). — S. de Perrot. L'influence de la correction des eaux du Jura sur le niveau du lac de Neuchâtel.

M. O. Billeter fils. *De l'action du cyanate d'argent sur les chlorures d'aryles.* En continuant des recherches qui ont déjà été l'objet d'un rapport précédent[1], l'auteur arrive aux résultats suivants :

Le cyanate de benzoyle a pu être séparé du benzonitrile par cristallisation dans l'éther absolu, dans un mélange réfrigérant et se présente sous forme d'un corps solide fondant à 25°,5 bouillant sans décomposition à 202°,5 204° et excessivement sensible à l'humidité.

La réaction du sulfochlorure de benzène sur le cyanate d'argent donne naissance, à côté du cyanate de benzène-sulfonyle à un solide, cristallisant en longs cristaux cubiques, déliquescents, mais insolubles dans l'eau à l'état de pureté, fondant à 92°, et qui ne sont autres que l'anhydride benzène sulfonique $(C_6H_5SO_2)_2O$. La véritable nature de ce corps avait été longtemps méconnue, en suite d'une description erronée qui en avait été faite par Abrahall (J. of the chem. Soc. XXVI, 606). Les analyses et la déter-

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.* 1901, t. XII, 190.



mination du poids moléculaire de ce corps ne laissent plus aucun doute sur la véritable nature de cet anhydride.

Les cyanates de radicaux acides réagissent avec les amines, alcools, phénols et amides, comme les isocyanates alkyliques et avec beaucoup plus d'énergie en produisant des dérivés de l'urée et de l'uréthane. Ils se condensent en outre avec les hydrocarbures aromatiques comme l'isocyanate de phényle en présence de chlorure d'aluminium.

M. S. DE PERROT, ingénieur, fait une communication sur *l'influence de la correction des eaux du Jura sur le niveau du lac de Neuchâtel.* Il résulte de cette étude que la correction des eaux du Jura n'a nullement rendu le niveau du lac plus constant qu'il n'était auparavant; ses variations ont même augmenté.

Séance du 23 mai.

S. de Perrot. Les limnimètres du lac de Neuchâtel. — A. Spahr. Des thiocyanates d'aryles et de leur action sur l'acide thioacétique et le sulfhydrate d'éthyle. Du thiocyanate d'acétyle

M. S. DE PERROT, ingénieur, présente un rapport sur *les limnimètres du lac de Neuchâtel.*

M. A. SPAHR. *Des thiocyanates d'aryles et de leur action sur l'acide thioacétique et le sulfhydrate d'éthyle, et du thiocyanate d'acétyle.*

Les thiocyanates d'aryles peuvent être préparés : soit par l'action du chlorure de cyanogène sur les mercaptides de plomb [1], soit par la transformation d'un sel diazoïque, au moyen du thiocyanate cuivreux [2]. Cette dernière méthode est recommandée par les ouvrages de chimie. Une étude complète de ces deux méthodes a prouvé, au contraire, que la première est bien supérieure. Le procédé

[1] *Ber. der deutschen Chem. Ges.* VII, 1753.
[2] *Ber.* XXII, 738 et 769.

par diazotation donne des produits moins purs, et avec un rendement de 27 % environ, tandis que la réaction entre les mercaptides de plomb et de chlorure de cyanogène est très nette ; à côté de 90 à 98 % de thiocyanate, il se forme une petite quantité de bisulfure, lequel est éliminé par une seule distillation. Par cette méthode, j'ai préparé avec beaucoup de succès :

1° *Le thiocyanate de phényle*, déjà décrit par M. Billeter. Ce corps ne se transforme pas en son isomère, le phénylsénévol, même sous l'action de la chaleur.

2° *Le thiocyanate d'orthotolyle* est un liquide incolore, mobile, possédant l'odeur caractéristique des thiocyanates. A la pression de 10 mm. il bout à 170°, 2 et à la pression de 717 mm. de 242°,8 à 243°,4. Densité à 15° = 1,1266.

3° *Le thiocyanate de paratolyle*. Liquide mobile, incolore, intense et agréable. P. E. à 11 mm. = 1.1196.

4° *Le thiocyanate de parachlorophényle* C_6H_4 ClSCN. Corps solide se présentant à l'état de belles aiguilles blanches, d'un éclat soyeux ; soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène. P. E. 31°,8.

5° *Le thiocyanate de parabromophényle* C_6H_4BrSCN. Corps solide blanc, belles aiguilles, soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène. P. F. 50°,2.

6° *Le thiocyanate de paranitrophényle* $C_6H_4NO_2SCN$. Corps solide, légèrement jaunâtre, soluble dans l'alcool et l'éther. P. F. 124°,2.

Comme le thioacétate d'éthyle [1], le thiocyanate de phényle forme, avec l'acide thioacétique, un produit d'addition de la formule,

$$C_2H_3ON = C\begin{cases} SH \\ SC_6H_5 \end{cases}$$

que nous avons appelé acide acétylimino-phényl-carbondithioïque. C'est un corps solide, cristallisant dans l'alcool ou l'éther en belles aiguilles jaunes P. F. 146°,4-146°,6.

[1] *Ber.* XV, 1987.

Le thiocyanate de paratolyte a donné un produit absolument semblable, l'acide acétyliminocrésylcarbondithioïque.

Si, dans l'acide acétyliminophénylcarbondithioïque, on remplace par du sodium l'hydrogène du groupe SH, on obtient des tables très hygroscopique, lesquelles se décomposent, par la chaleur, en thiocyanate de sodium et thioacétate de phényle :

$$C_2H_3O\,N = C\begin{cases} SNa \\ SC_6H_5 \end{cases} \longrightarrow NCSNa + C_2H_3OSC_6H_5$$

Ce dernier est un liquide incolore P. E. 220-221°. Densité à 15° = 1,127.

L'acide lui-même se décompose de 3 manières :

1° En thiophénol et en acétylthiocarbimide

$$C_2H_3ON = C\begin{cases} SH \\ SC_6H_5 \end{cases} \longrightarrow C_2H_3ON = C = S + C_6H_5SH$$

L'acétylthiocarbimide, se décompose, à son tour, en sulfure de carbone et en une substance brune, non cristallisable, qu'on peut considérer comme un polymère ou un produit de transformation de la diacétylcyanamide.

$$\begin{matrix} C_2H_3ON = C = S \\ C_2H_3ON = C = S \end{matrix} \longrightarrow CS_2 + \begin{matrix} C_2H_3ON \\ C_2H_3ON \end{matrix}\Big\rangle C$$

2° En thioacétate de phényle et acide thiocyanique

$$C_2H_3ON = C\begin{cases} SH \\ SC_6H_5 \end{cases} \longrightarrow NCSH + C_2H_3OSC_6H_5$$

3° En thioacétate de phényle et en acide thioacétique

$$C_2H_3ON = C\begin{cases} SH \\ SC_6H_5 \end{cases} \longrightarrow C_2H_3OSH + C_6H_5SCN$$

Le 2° et le 3° sont très secondaires.

Action du sulfhydrate d'éthyle sur le thiocyanate de phé-

nyle. On s'attendait à la formation d'un produit d'addition, ou à un mélange en équilibre des deux sulfhydrates et des deux thiocyanates. La réaction est toute différente, les radicaux C_6H_5S-, C_2H_5S- s'unissent, deux à deux, et forment les bisulfures d'éthyle ; de phényle, et d'éthylephényle. Le radical cyanogène du thiocyanate s'unit à l'hydrogène du mercaptan pour former l'acide cyanhydrique, lequel se décompose, en plus grande partie, en produisant de l'hydrogène, de l'amoniaque et une masse noire charbonneuse.

M. SPAHR parle ensuite du *thiocyanate d'acétyle*. Le corps qui résulte de l'action du thiocyanate de plomb sur le chlorure d'acétyle étant le sénévol, M. Billeter a supposé qu'on obtiendrait le thiocyanate d'acétyle en traitant le thioacétate de plomb par le chlorure de cyanogène.

$$C_2H_3OSpb + ClCN \longrightarrow C_2H_3OSCN + Clpb$$

Il se forme, par l'action de ces deux corps, du sulfure de cyanogène et une partie liquide, formée de deux combinaisons ayant des points d'ébullition voisins, l'un est l'acétylsénévol, l'autre le thiocyanate d'acétyle. Il est impossible de séparer ce dernier, car la distillation des fractions supérieures donne toujours une quantité de plus en plus grande du liquide inférieur; le thiocyanate se transforme au fur et à mesure de la distillation en acétylsénévol.

Séance du 6 juin

Ed. Cornaz. Petites notices botaniques. — G. Ritter. Sur la disparition des falaises de la rive sud du lac de Neuchâtel. — F. Tripet. Découverte de l'*Asperula arvensis* près de Chambrelien.

Sous le titre de *Petites notices botaniques*, M. le D[r] Ed. CORNAZ communique quatre notes intitulées :

1° *Tige fistuleuse ou tige creuse?* tendant à démontrer par l'exemple de Trifolium hybridum (L) et du Telegans (Savi), ainsi que par celui de l'Aronicum Clusii (Koch) et de l'A. glaciale (Rchb), que ces caractères distinctifs disparaissant avec la déssication, doivent être accompagnés

d'autres toujours faciles à constater, soit le nombre des nervures et dentelures des feuilles chez ceux-là, et la nature des poils du bord des feuilles chez ceux-ci, dont le premier seul présente de longs poils blanchâtres tordus.

2° *Feuilles de trèfle à 4, 5 et même 6 folioles*, provenant du Trifolium repens (L) et lui ayant été envoyés aux nombres respectifs de 26, 12 et 1, par M. R. Godet. docteur-médecin de Préfargier. En les présentant à la Société, l'auteur fait remarquer particulièrement deux paires de folioles opposées, séparées des deux terminales par une prolongation du pétiole, ce qui représente l'aspect d'une feuille composée paripennée.

3° *Anomalies florales chez les Carex.* Nos deux Carex dioïques peuvent très exceptionnellement être androgynes. En revanche, parmi les Carex à plusieurs épillets, on peut ne trouver qu'un épillet terminal unisexuel ou androgyne; les épillets terminaux de ce groupe peuvent également fournir cinq anomalies au point de vue de la position réciproque des fleurs de chaque sexe; des faits analogues peuvent exister sur les épillets latéraux; en outre les épillets féminins inférieurs peuvent se détacher près de la racine; ils peuvent être très distants les uns des autres; enfin les épillets peuvent être séparés en deux axes ou seulement munis d'épillets secondaires, etc. L'intérêt de ces faits tératologiques, c'est que plusieurs d'entre eux sont normaux dans telle ou telle autre espèce.

4° *Trois Lichens à rechercher autour de Neuchâtel.* Il s'agit du Lecidea testacea (Ach), qui était abondant en 1842 au haut des rochers néocomiens de Bellevaux surplombant les Fahys, et des Lecanora friabilis var. fulgens (Schær), et le crassa var. lentigera (Schær), qui se trouvaient à la même époque sur les rochers déclives au S.-E. de la colline du Mail, et qui toutes trois ont disparu aujourd'hui. La différence de couleur entre leurs thalles et leurs surthalles ou apothécies est bien propre à les signaler à l'attention.

M. G. Ritter, ingénieur, fait une communication à la Société *sur la disparition progressive des falaises molassi-*

ques de la rive sud du lac de Neuchâtel, depuis l'abaissement des eaux par les travaux de la correction dite des Eaux du Jura.

M. Ritter rappelle l'étude faite par lui en 1890 sur le grand lac quaternaire, occupant en longueur la plaine suisse de Soleure au Mormont et en largeur, la vallée de la Broie et les grands marais ainsi que la vallée de l'Orbe et de la Thièle.

Le comblement de ce grand bassin aujourd'hui réduit aux trois lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat, fut effectué non seulement par les apports fluviaux de l'Aar et des rivières qui s'y déversaient, mais encore et surtout, par l'érosion des masses molassiques centrales représentées aujourd'hui par Jolimont, le Vuilly et le plateau de Portalban, Chevroux, Estavayer.

Les vagues du grand lac affouillèrent sans doute énergiquement ces masses peu résistantes et les profils de de l'Ile de St-Pierre, de la côte nord de Jolimont et du Vuilly attestent l'intensité de ces anciennes érosions, à cette époque, les escarpements dus à cette action des vagues, devaient apparaître abrupts comme la falaise actuelle de Portalban et de Chevroux. Une fois les bases des monts de Vuilly et de Jolimont mises à l'abri de l'action des vagues du grand lac, par le comblement des plaines depuis le Landeron à Thièle et de la Sauge à Cudrefin, les matériaux d'érosions produits par les agents atmosphériques s'accumulèrent au pied de ces escarpements, et leur reboisement put s'effectuer dans la mesure de ce qu'il est aujourd'hui.

Pour la partie du lac de Neuchâtel, Cudrefin-Yverdon, les eaux du grand lac quaternaire comme celles du lac de Neuchâtel jusqu'en 1882, baignaient partout le pied des escarpements molassiques de cette région et les matériaux d'érosion, étaient lors des hautes eaux et des forts vents, emportés et s'en allaient combler, les rives du lac de Neuchâtel, de la Sauge à la Thièle, ou étaient même emportés par la Thièle, pour servir au comblement du lac de Bienne entre le Landeron et Cerlier.

L'Abbaye de St-Jean fut fondée au XIme siècle et bâtie au bord du lac de Bienne, preuve que depuis cette époque le lac s'est comblé sur un kilomètre de longueur, grâce aux apports de la Thièle, fournis par l'érosion des falaises de Portablan comme aussi par celle de la colline quaternaire de Marin.

Aujourd'hui l'abaissement des eaux des lacs du Jura a mis fin à l'action érosive des vagues contre les falaises, les eaux ne baignant plus le pied de celles-ci ; d'immenses étendues de terrain autrefois immergé et formant le banc qu'on appelait le blanc fond, sont aujourd'hui à sec et de véritables forêts de saules et d'aulnes et autres bois y croissent et prospèrent magnifiquement, ces forêts nouvelles protègent le bord de ce blanc fond contre de nouvelles érosions par les vagues.

De vastes étendues sont envahies aussi par les roseaux, qui empêchent également les vagues d'agir sur les parties les plus basses de cette étendue parfois encore sous l'eau. En sorte qu'il en résulte dit M. Ritter, comme pour le Vuilly et Jolimont la disparition des escarpements abrupts des falaises, qui font alors place à des amas d'éboulis de matériaux, dus à l'action des agents atmosphériques, et qui restent en place, faute comme avant 1882 de leur enlèvement continuel par les vagues du lac.

La coloration des escarpements molassiques par les rayons du soleil couchant est un des plus beaux spectacles qu'il est donné aux admirateurs des phénomènes de la nature de voir à Neuchâtel, surtout lorsque les Alpes sont visibles.

Cette admirable ceinture dorée est malheureusement en voie de disparaître aujourd'hui, et d'ici un demi siècle, il en restera à peine quelque traces affirme M. Ritter.

Cet ingénieur termine sa communication en manifestant l'espoir que quelques peintres favoriseront nos musées de quelques œuvres d'art, rappelant ce qui sera sous peu un phénomène de la nature entièrement disparu et inconnu à nos après venants. Il est utile que la Société des sciences naturelles fasse mention dans ses annales de la

disparition d'un semblable phénomène et de la communication faite sur ce sujet.

M. F. Tripet. prof. fait une petite communication botanique sur *la découverte de l'Asperula arvensis (L) au-dessous de la gare de Chambrelien.* Cette plante, qui est très fréquente dans le bassin du Danube et pas rare dans le canton de Schaffhouse, n'a été signalée qu'une seule fois dans celui de Neuchâtel, par Léo Lesquereux, qui l'avait trouvée entre Fenin et Engollon.

Assemblée générale du 26 juin à Boudry.

F. Tripet. Quelques lettres inédites de Léo Lesquereux. L'Erysimum strictum. — H. Schardt et Aug. Dubois. La carte géologique des gorges de l'Areuse. — F. Borel. Le développement de la fabrique de câbles de Cortaillod. — H. Schardt. Communications diverses.

M. F. Tripet, prof. donne lecture de quelques lettres inédites de Léo Lesquereux au pharmacien Chapuis de Boudry.

M. Tripet annonce en outre qu'au cours d'une excursion botanique le 29 juin il a été retrouvé l'*Erysimum strictum* Fl. der Wetterau au fond du Creux du Van.

M. Schardt présente en son nom et celui de M. Auguste Dubois, la carte *Géologique de la région des Gorges de l'Areuse* qu'ils viennent de terminer. Cette carte a déjà paru dans le volume descriptif que la Société des Gorges de l'Areuse a publié dernièrement. L'échelle est de 1 : 15,000, ce qui a permis d'y figurer plus de détails et des subdivisions stratigraphiques plus nombreuses que sur les cartes au 1 : 100,000 ou 1 : 50,000. M. Schardt décrit la succession des terrains qui constituent cette région. Les terrains jurassiques exceptés, que met à découvert la grande route de Rochefort au Val de Travers, nos connaissances sur la stratigraphie de cette partie du canton de Neuchâtel étaient jusqu'ici assez rudimentaires. Cependant on y trouve des niveaux fossilifères très riches, dès le Bajocien à l'Albien. Même le Tertiaire est fossilifère par places. La répartition et les relations des terrains glaciai-

res avec le travail de l'érosion de la vallée offrent plus d'un intérêt. Il y a à signaler deux dérivations du cours de l'Areuse, après le comblement glaciaire du sillon d'érosion primitif. Des glaciers locaux ont persisté sur les flancs des chaînes encadrant la vallée, après le retrait du glacier du Rhône.

La tectonique fort simple en apparence n'est pas sans faits inattendus. Les vues se sont bien modifiées depuis qu'Aug. de Montmollin[1] représentait la région entre le Solmont et la montagne de Boudry comme une voûte entrouverte. On sait aujourd'hui que ce sont deux anticlinaux, séparés par un synclinal écrasé, contenant du Crétacique et même de l'Aquitanien. Le flanc S-E de la vallée est compliqué par un pli faille important, mettant en contact le Séquanien et même l'Argovien avec le Néocomien et le Tertiaire. Au N-W de Rochefort un pli faille avec rejet inverse sur le versant N-W du synclinal se substitue au premier. Une description détaillée de cette région paraîtra sous peu.

M. F. Borel lit une notice historique sur le *développement de la fabrique de câbles électriques de Cortaillod.*

M. Schardt signale entre la *Vue des Alpes* (Col des Loges) et les *Convers* l'existence d'un *pli faille*, ayant conduit à l'oblitération de la Dalle nacrée et de l'Argovien. Le Séquanien inférieur vient toucher directement à la grande Oolite. Ce qui a eu pour résultat que le crêt que forme la grande Oolite au-dessus des marnes vésuliennes a été pris pour celui de la Dalle nacrée, tandis que le Bajocien supérieur à polypiers du Crêt Meuron a été pris pour le sommet de la grande Oolite (calcaire roux marneux du Turcil). Ce contact anormal est absolument évident lorsqu'on examine la paroi au-dessous du Pré Raguel. Le Bajocien est ici en contact direct avec l'Argovien et peut être même avec le Séquanien inférieur. Ce pli faille doit avoir été rencontré par la percée du tunnel des Loges, mais il est possible qu'il n'ait pas été remarqué.

M. Schardt signale encore une série de faits concer-



nant la *Géologie du Val de Travers* et du *Vallon des Verrières*. Une moraine d'un petit glacier jurassien près des Verrières. Coupe du Valangien et de l'Urgonien sur Couvet et du Néocomien des Verrières. Il annonce en outre la découverte inattendue d'un important *pli faille* sur le flanc N-W de la chaîne de la *Tête de Rang*. Cet accident suit le fond de la *Combe des Cugnets* et fait affleurer là, au contact avec le Séquanien, le Lias supérieur. C'est le point le plus élevé (1150 m.) qu'ait atteint ce terrain dans notre Jura. C'est aussi le second affleurement seulement des masses liasiques après celui des Convers découvert par Gressly.

Séance du 13 novembre.

R. Weber. Mesure du coefficient de conductibilité calorifique des liquides. — H. Spinner. Sur la disposition du parenchyme vert dans les feuilles de Carex.

M. R. Weber, prof., décrit une méthode de *mesure du coefficient de conductibilité calorifique des liquides*. (Voir Compte Rendu de la séance de la section de physique à la session de 1902 de la Société helvétique des sciences naturelles. *Archives*, 1902, t. XIV, p. 372.)

M. H. Spinner, professeur fait une communication *sur la disposition du parenchyme vert dans les feuilles de Carex*.

Le parenchyme vert n'est point disposé au hasard dans les feuilles, mais bien de manière à remplir le mieux possible ses fonctions spéciales. Si l'on range les Carex en six classes, suivant la plus ou moins grande humidité du terrain qu'ils habitent et que l'on recherche la disposition du parenchyme foliaire dans ces divers groupes, on fera des observations frappantes qui peuvent se résumer dans la loi suivante : « *Dans les feuilles des Carex des endroits secs, le parenchyme vert se trouve surtout à la face supérieure, chez les Carex des lieux humides, il se rencontre surtout ou même exclusivement à la face inférieure. On observe toutes les gradations intermédiaires.* »

Les Carex des endroits secs, *C. præcox, C. gynobasis, C. verna, C. digitata, C. humilis*, sont aussi ceux qui fleu-

rissent le plus tôt au printemps. Il est dès lors tout naturel que leur parenchyme vert se place à la face supérieure des feuilles, afin de profiter le plus possible des rayons d'un soleil point encore très chaud. Au contraire, les espèces des localités très humides, *C. riparia*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*, *C. pseudocyperus*, fleurissant plus tard, possédant de longues et larges feuilles sont dans une situation plus favorable, aussi leur appareil de photosynthèse est-il relativement moins développé. Parfois même il semble craindre une insolation trop forte ; dans ce cas la face supérieure est munie de parenchyme incolore gorgé d'eau et faisant l'office d'écran absorbant. D'autres espèces telles que *C. pendula*, *C. pilosa*, *C. frigida*, habitant des lieux ombragés ou plus ou moins neutres quant à l'humidité, n'ont aucun avantage à avoir leur parenchyme vert plus développé en dessus qu'en dessous et l'ont en effet assez également épais sur les deux faces.

Séance du 4 décembre.

G. Tripet. Le bois-dentelle. — G. Borel. La conjonctivite des platanes. Cécités dues aux courants électriques. Cataracte électrique.

M. F. Tripet, professeur, présente un rameau de *Lagetta lintearia*, Lam., ou Bois-dentelle, qui lui a été rapporté d'Angleterre par M. le Dr Stauffer. Cette plante, qui appartient à la famille des Thyméléacées, est originaire des Antilles ; c'est un petit arbre à rameaux alternes, dont le liber, formé de plusieurs couches, est réticulé, et qui, macéré et comprimé, donne une sorte d'étoffe imitant le tulle, dont on fabrique des manchettes, des cols, des cocardes, des nattes, etc.

M. le Dr Georges Borel, oculiste à Neuchâtel, a parlé de dangers presque inconnus et pouvant amener des troubles oculaires graves.

La *conjonctivite des platanes* est due, tout comme la bronchite des platanes, à une poussière spéciale qui provient de la face inférieure des feuilles qu'elle protège contre le froid, mais dont l'effet sur les muqueuses humaines est

extrêmement irritant. Cette poussière est formée d'aiguilles armées de pointes très aiguës qui s'implantent solidement dans les tissus.

Les ouvriers qui taillent les platanes sont sujets à des accidents douloureux, et les promeneurs qui séjournent longtemps sous ces ombrages trompeurs s'en repentent. A Nice, la municipalité a dû, pour cette même cause, arracher les platanes de toutes ses promenades. La conjonctivite des platanes a été, chez des ouvriers soignés par le Dr Borel, longue à guérir, surtout à cause de l'infection secondaire provoquée par les frottements avec les mains ; la démangeaison et la saleté réunies causaient des eczémas dont la cause ne fut révélée que par le microscope. Chaque année, au même travail, les mêmes ouvriers étaient atteints de cette *conjonctivite des platanes*.

Dans une communication plus étendue, le Dr G. Borel signale un danger plus grave sous le titre : *Cécités dues aux courants électriques*. On a remarqué à Paris que, sous l'influence de la fonte artificielle de la neige par l'épandage de sel de cuisine, les étangs salés ainsi formés pouvaient devenir des réservoir électriques et causer des accidents mortels aux chevaux qui les traversent. L'électricité s'échappe des conduites qui sillonnent nos villes et les plus dangereuses de ces pertes d'électricité peuvent provenir de courts-circuits.

De même qu'un homme frappé par la foudre peut perdre la vue par des lésions oculaires, de même un conducteur de tram ou un simple voyageur peut perdre la vue au moment où il s'y attend le moins. La production de cataractes subites chez des foudroyés qui échappent à la mort est rare, mais connue par plusieurs exemples.

Un oculiste parisien et, avant lui, le professeur Panas[1]

[1] Du pronostic des troubles visuels d'origine électrique, par le Dr F. Terrier, *Archives d'ophtalmologie*, Paris, novembre 1902. F. Terrier. De l'ophtalmie électrique, *Archives d'ophtalmologie*, p. 1, 1888. Prof. Panas. Avablyopie et amaurose par décharge électrique, *Archives d'ophtalmologie*, octobre 1902.



qui vient d'être enlevé par la mort à la Faculté de médecine de Paris, viennent de signaler dans des revues d'ophtalmologie, une cinquantaine de cas d'accidents oculaires dus à des court-circuits survenus dans le Métropolitain parisien surtout. Ce sont de préférence les wattmen qui sont les victimes de ces accidents. Le type de ces accidents est celui du conducteur qui reçoit à 30 ou 50 centimètres de distance une décharge électrique qui brûle à peine ses sourcils. L'interrupteur placé au-dessus de la tête du wattman lance une étincelle : l'employé ne reçoit pas de choc, n'est, dit Panas, pas traversé par le courant et cependant, le lendemain, la vue baisse, les yeux deviennent douloureux et un bon nombre de ces victimes perdent une notable partie de leur vue, et plusieurs cas qui semblaient légers d'abord, sont devenus aveugles par suite d'inflammation de la rétine et du nerf optique; il existe des cas d'atrophie du nerf optique dus à ces décharges électriques accidentelles, atrophie grave qu'aucun traitement n'a pu arrêter.

Il existe ordinairement une photophobies consécutive intense et des maux de tête violents précédant l'affaiblissement de la vue; celle-ci baisse progressivement pour devenir nulle chez une assez forte proportion des sinistrés.

Les lésions sont profondes et souvent extérieurement nulles, et on a accusé plusieurs sinistrés de simuler, tant le status oculaire était d'abord insignifiant; les lésions graves peuvent ne survenir que des mois après l'accident.

Le danger est d'autant plus grand que l'étincelle a passé près de l'œil.

Le Dr Borel cite le cas d'un ouvrier du Val-de-Travers qui a reçu une décharge électrique dans une usine d'éclairage et qui fut atteint de cataracte *de suite après*; cet ouvrier a dû être amputé de plusieurs orteils et a été à moitié scalpé par le courant. L'extraction de la cataracte a donné une vue excellente, le courant électrique, par un heureux hasard, n'avait pas atteint les tissus profonds, rétine ou nerf optique. Cette forme de *cataracte électrique* doit être due à une électrolyse du tissu cristallinien.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 8 janvier 1903.

Th. Tommasina. Notions fondamentales pour la théorie mécanique de l'électricité. — C.-E. Guye et B. Monasch. L'arc de faible intensité entre électrodes métalliques. — E. Penard. Observations sur les héliozoaires. — C. Sarasin. La région des Bornes et des Annes. — R. Chodat et Adjaroff. Culture des algues. — Ph.-A. Guye et Homphry (Mlle). Mesures d'ascensions capillaires. — Ph.-A. Guye et Renard. Mesures d'ascensions capillaires dans l'air.

M. Tommasina fait une lecture relative à quelques notions physiques fondamentales pour la théorie mécanique de l'électricité.

M. le prof. C.-E. Guye communique les résultats définitifs d'un travail entrepris en collaboration avec M. B. Monasch sur *le fonctionnement de l'arc de très faible intensité jaillissant entre électrodes métalliques.*

Les expériences ont été effectuées d'une façon aussi comparative que possible sur les corps suivants : C. Mg, Cd, Fe, Ni Cu, Ag, Pt. Au.

Parmi les divers résultats qui découlent de cette étude, M. Guye mentionne particulièrement le suivant :

Il résulte de l'ensemble des expériences que la tension nécessaire pour maintenir un arc de longueur et d'intensité données, est d'autant plus grande que le poids atomique du métal des électrodes est plus élevé.

Pour l'intensité la plus faible (0,03), le seul métal qui ait fait exception à cette règle est le Cd; mais, indépendamment de la difficulté d'obtenir ce métal à l'état de pureté absolue, il est à remarquer que ce corps est extrêmement volatil et oxydable.

M. Guye se propose de rechercher si en diminuant encore l'intensité et en expérimentant dans une atmosphère dépourvue d'oxygène; cette exception cesserait ou s'atténuerait. Il semble en effet résulter des expériences effectuées jusqu'ici, que plus le courant est faible, c'est-à-dire plus la volatilisation par action directe de la chaleur est petite, mieux cette relation se vérifierait.

Sans entrer dans des considérations théoriques détaillées pour expliquer cette relation, qu'il serait prématuré de généraliser, attendu qu'elle n'a été vérifiée que sur huit corps, M. Guye fait remarquer néanmoins qu'en diminuant suffisamment le courant, de façon à réduire la volatilisation des électrodes par la chaleur, on diminue partiellement la conductibilité qui peut en résulter.

Il semble alors que la tension nécessaire pour arracher dans l'unité de temps un même nombre d'atomes métalliques (même intensité de courant) est d'autant plus grande que le poids de ces atomes est plus élevé.

M. Guye croit qu'à ce point de vue, l'étude des arcs de très faible intensité est très digne d'intérêt et peut nous révéler certains caractères atomiques de la décharge électrique. Les tableaux suivants résument les résultats pour trois intensités de courant et pour les distances de 3, 5. 7^{mm}.

On remarquera qu'en passant de l'intensité 0,05 à 0,03, la place qu'occupe le Cd tend à se rapprocher de la position assignée par la règle énoncée.

POIDS ATOMIQUES

C	Mg	Fe	Ni	Cu	Ag	Cd	Pt	Au
11.97	24.3	55.88	58.6	63.18	107.66	111.5	194.3	196.7

TENSIONS AUX ÉLECTRODES

	C	Mg	Fe	Ni	Cu	Ag	Cd	Pt	Au	
$d = 3$	....	....	....	590	650	660	480	770	790	I = 0.05
$d = 5$	....	....	....	770	825	830	650	920	950	
$d = 7$	....	....	....	960	1010	1000	810	1000	....	
$d = 3$	....	50	650	650	690	710	550	830	890	I = 0.04
$d = 5$	640	700	850	850	870	900	725	1000	1070	
$d = 7$	....	890	1050	1050	1070	1100	890	1150	....	
$d = 3$	....	600	690	740	780	790	730	....	1070	I = 0.03
$d = 5$	....	820	910	950	980	990	900	....	1320	
$d = 7$	....	1040	1130	1170	1180	1210	1080	....	....	

M. PENARD présente quelques remarques sur certains phénomènes qu'il a observés chez deux *Héliozoaires,* et qui sembleraient montrer de la part de ces organismes inférieurs une intention adaptée à un but. Bien qu'une étude prolongée des Protozoaires amène à la conclusion que ces êtres ont droit à une part, si petite soit-elle, de ce que l'on est convenu d'appeler chez les animaux supérieurs facultés psychiques, il est extraordinairement rare d'observer des actes spéciaux exceptionnels, qui seraient de nature à faire particulièrement ressortir ces facultés conscientes.

Au mois de décembre dernier, on trouvait dans les environs de Genève entr'autres héliozoaires, l'*Acanthocystis turfacea* extrêmement abondant, puis l'*Heterophrys myriapoda* beaucoup plus rare. La première de ces espèces, de forte taille, est revêtue d'une armature serrée d'abord de grandes aiguilles siliceuses droites, tubulaires, élargies en tête de clou à leur base et terminées à leur extrémité par une fourchette courte, puis ensuite d'aiguilles beaucoup plus courtes et plus fines mais à grande fourche, intercalées entre les premières. La seconde espèce, l'*Heterophris myriapoda*, est recouverte d'une épaisse enveloppe de mucilage plus ou moins rempli de poussières

infiniment ténues, et cette enveloppe est traversée de myriades d'aiguilles extraordinairement fines, difficiles à distinguer et de nature siliceuse également.

Or, sur huit *Hetorophrys* rencontrés, trois présentaient la structure suivante : C'étaient des *Heterophrys* parfaitement caractérisés, avec mucilage, pousisères et aiguilles normales; mais en outre on y remarquait une armature, alors peu serrée, d'aiguilles d'*Acanthocystis turfacea*. Ces aiguilles absolument typiques étaient implantées par leur base dans la couche externe du mucilage et rayonnaient de là vers tous les points de l'espace avec une disposition réciproque assez régulière.

Après avoir montré qu'il ne pouvait y avoir là ni une espèce spéciale ni un cas d'hybridité, M. Penard arrive à la conclusion que les *Heterophrys* en question s'étaient emparés des aiguilles d'*Acanthocystis*, prises sans doute sur des squelettes vides comme on en voyait en grand nombre, et avaient par leur moyen renforcé d'une manière très efficace l'enveloppe protectrice qu'elles possédaient déjà. Bien qu'il puisse y avoir chez l'*Heterophrys myriapoda* une tendance à capturer les aiguilles appartenant à d'autres héliozoaires, on ne peut pas considérer ce phénomène comme habituel et normal dans la vie de l'individu, car ces dernières années M. Penard a rencontré cette espèce en quantités considérables sans jamais y constater les mêmes faits. Toujours est-il que la capture de ces éléments étrangers et surtout leur arrangement régulier tout autour du corps, sont des faits de nature à montrer que l'animal semble se rendre compte de ce qu'il fait et agir en vue d'un but prévu.

M. le prof. Charles Sarasin rend compte des excursions qu'il a faites pendant l'été 1902 dans la *région des Bornes et des Annes* (Haute-Savoie). Il expose d'abord la tectonique des chaînes comprises entre le Borne, l'Arve et le synclinal du Reposoir; cette région est formée de cinq anticlinaux successifs tous déjetés vers le N et présentant tous un abaissement rapide de leur axe vers la vallée de l'Arve.

Un système de failles transversales qui coupent l'anticlinal des rochers de Leschaux est évidemment la conséquence directe de cet abaissement.

Passant à la klippe des Annes, M. Sarasin donne une série de profils de la zone de contact entre le Trias et le Lias de la klippe et le Flysch sous-jacent, et examine en particulier la tectonique des environs des Annes et de Maroly. Il discute l'hypothèse d'après laquelle la klippe en question serait un lambeau d'une grande nappe de charriage, qui comprendrait d'autre part l'ensemble des Préalpes romandes ; il croit qu'on pourrait expliquer la structure particulière de ce massif en admettant qu'il aurait racine en profondeur et qu'il correspondrait à un ancien bombement anticlinal dont la direction aurait été oblique par rapport aux plis alpins et qui aurait été ainsi écrasé obliquement entre les chaînes des Vergys et des Aravis lors de leur surrection.

Pour plus de détails, voir *Archives*, numéro de janvier 1903 ou *Eclogæ geologicæ helveticæ*, t. VII, fasc. 4.

M. le prof. CHODAT présente une communication relative aux *conditions de nutrition de quelques algues en culture* pure. Ces résultats ont été obtenus a la suite de cultures faites par l'auteur de la communication ou, sur ses indications, par un de ses élèves M. ADJAROFF.

D'une manière générale, dans toutes les cultures, l'addition du sucre, glycose ou saccharose, accélère beaucoup la rapidité de croissance. On peut donc par ce procédé de culture intensive, multiplier excessivement ces microorganismes. Le sucre finit cependant par avoir un effet nocif et cette surnutrition est souvent accompagnée d'une dégénérescence des cellules. Ceci avait déjà été observé au cours d'une étude faite sur le Scenedesmus Sacutus. Les sucres les plus assimilables (glycose) accélèrent au début, mais finissent à la longue par être plus nocifs (Scenedesmus) que les moins assimilables (galactose). Il n'est pas permis de tirer de cette constatation la conclusion que les algues auxquelles convient le sucre ont une tendance au parasitisme.

Dans une série de cultures faites avec les gonides de *Solorina crassa* (lichen), le peptone ou l'asparagine ne se sont pas trouvés constituer une meilleure source d'azote que le nitrate de potassium. Si l'on supprime le sucre, le peptone à lui seul ne peut accélérer la rapidité de croissance au même degré que le ferait une combinaison d'un azote minéral et du sucre. On ne saurait donc parler d'algues à peptone dans ce cas. D'ailleurs plusieurs de ces algues et en particulier certains Stichococcus, le Scenedesmus acutus, etc., sont sensibles à la peptone et refusent de se développer sur des milieux solides qui contiennent plus de $^{1}/_{2}$-1 % de cette substance.

Plusieurs de ces algues ont la faculté de sécréter des ferments protéolytiques et par conséquent de liquéfier la gélatine. Tandis que les gonidies de *Solorina* ou de *Peltigera*, les *Dictyosphærium*, les *Chlorella* n'attaquent pas ce milieu, le *Stichococcus baccilaris*, le *Scenedesmus acutus* et une espèce non encore décrite de *Cystococcus* liquéfient avec vigueur cette gelée. Le *Stichococcus* étudié était particulièrement intéressant à cause de la variation du pouvoir peptonisant. Cultivé à la lumière sur gélatine glycosée, il ne produit pas de protéolyse, tandis que dans l'obscurité, sur le même milieu, la liquiéfaction a lieu. Au contraire, sur gélatine non glycosée la liquéfaction a lieu tant à la lumière que dans l'obscurité. On peut tirer la conclusion qu'une forte nutrition dans les conditions normales pour l'algue, c'est-à-dire la lumière, dispense l'algue de dissoudre la gélatine. La liquéfaction est de beaucoup plus forte si le milieu ne contient pas de glycose. Par conséquent l'obscurité et le défaut de nutrition hydrocarbonée favorisent la sécrétion de l'enzyme chez cette algue.

De nombreuses cultures faites sur gélatine et sur agar, additionnés de diverses substances nutritives ou organiques, ont toutes montré que la lumière favorise toutes ces algues et que le saprophytisme de ces algues est toujours accompagné d'une diminution de la récolte totale quand on la compare à ce qu'elle est dans la lumière en présence de la même proportion d'hydrate de carbone.

Cette communication était accompagnée de l'exhibition de cultures pures réalisées par l'auteur du travail.

Vu l'heure avancée, M. le prof. Ph.-A. Guye se borne à déposer sur le bureau deux notes relatives à des travaux entrepris dans son laboratoire et dont il rendra compte dans une séance ultérieure. Le premier effectué en collaboration avec Mlle Homphry, concerne des *mesures d'ascensions capillaires* sur des dérivés amyliques et maliques qui ont fourni comme cœfficient de température des valeurs comprises entre 3 et 4. Le second, en collaboration avec M. Renard, conduit à ce résultat que contrairement à l'opinion admise jusqu'à présent, les *mesures d'ascension capillaire* peuvent être effectuées dans l'air avec la même précision que dans le vide, ce qui simplifie considérablement le mode opératoire.

Séance du 22 janvier

Ph.-A. Guye. Rapport présidentiel pour 1902. — Th. Tommasina. Champ tournant électromagnétique.

M. le prof. Ph.-A. Guye, président sortant de charge, donne lecture de son *rapport sur l'activité de la Société* pendant l'année 1902. Ce rapport contient les biographies de M. M. Micheli, membre ordinaire, et de MM. A. Cornu, Ch. Dufour, A. Falsan, H. Faye, W. Kühne, B. Wartmann, membres honoraires décédés.

M. Tommasina communique la *constatation d'un champ tournant électromagnétique produit par une modification hélicoïdale des stratifications dans un tube à air raréfié*, de même que l'observation du mouvement pulsatoire synchrone avec celui du trembleur de la bobine d'induction, et de la forme sphérique, du point brillant d'émission anodique. Il a constaté en outre une projection de particules qui frappent la cathode et produisent de petites étincelles, tandis qu'aucune projection de cette nature n'a lieu sur l'anode.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

E. ADOR. JEAN-CHARLES GALISSARD DE MARIGNAC. Œuvres complètes, publiées hors série sous les auspices de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. 2 vol. in-4° de 701 et 839 pages. Prix : fr. 30. Genève, Paris, Berlin, 1902-1903.

L'œuvre de Marignac disséminée dans des périodiques variés dont plusieurs aujourd'hui, du moins en ce qui concerne les années anciennes, ne sont pas très répandus, était souvent d'un accès difficile ; la plupart des déterminations de constantes dues à cet habile expérimentateur ont bien été reproduites dans de nombreux recueils, où elles sont citées parmi les plus sûres, mais lorsqu'il s'agissait de recourir aux mémoires originaux les recherches étaient souvent difficiles. C'est pour combler cette lacune que M. Ador a entrepris la publication des œuvres de Marignac dont le tome second et dernier vient de paraître.

Ces deux superbes volumes ont été édités avec un soin minutieux ; ils fournissent en particulier les renseignements les plus précis au sujet de la bibliographie des mémoires originaux dont la pagination est reproduite en marge ; les fautes d'impression ou erreurs qui avaient pu se glisser dans quelques-uns de ces mémoires, et qui avaient fait l'objet de corrections manuscrites, de la main même de Marignac, sur sa collection de tirages à part, ont été soigneusement indiquées ; toutes les planches et figures ont été reproduites avec la plus grande exactitude. Les

très nombreux articles de critique scientifique que Marignac a fait paraître, au cours de sa belle carrière, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* ont été réimprimés; et ce n'est certes pas là une des parties les moins intéressantes. Bref, les Œuvres de Marignac, telles qu'elles nous apparaissent dans ces deux volumes, constituent à l'avenir la source la plus sûre et la meilleure pour retrouver ses innombrables données d'observation, fruit d'un infatigable labeur.

En parcourant cet admirable travail, en feuilletant ces 1500 pages toutes remplies de résultats numériques d'expériences à la valeur desquelles les contemporains et les modernes ont d'ailleurs rendu pleine justice en les reproduisant et en continuant à les reproduire dans la plupart des recueils de constantes, on reste émerveillé par la puissance de travail de Marignac, par son habileté à obtenir des résultats exacts au moyen de procédés simples, par son sens précis de la cause d'erreur. C'est certainement grâce à ces dons rarement réunis à un tel degré chez un expérimentateur, et dont il restera certainement un admirable modèle, que Marignac laisse une œuvre aussi remarquable et aussi durable.

Ce n'est évidemment pas ici le lieu de donner une analyse de cette succession ininterrompue de beaux travaux; on en trouvera d'ailleurs une critique détaillée dans la belle biographie de Marignac, due à la plume si compétente de M. E. Ador, insérée en tête du premier volume. Nous devons cependant dire qu'en revoyant tous ces mémoires et toutes ces notes critiques qui touchent aux métalloïdes, aux métaux et aux terres rares, à la chimie organique, à la cristallographie, aux lois et théories générales, à la mécanique et à la physique, à la minéralogie, aux poids atomiques, à la thermochimie, à la stoechiométrie physico-chimique, en les voyant surtout réunis et formant cet ensemble magistral, jamais l'œuvre de Marignac ne nous est apparue aussi imposante, aussi belle et aussi complète.

Ph.-A. Guye.

G. Lunge. Sur le procédé de Parr pour la détermination de la valeur calorifique des matières combustibles (*Z. F. Angew. Ch.*, 14, 793-800, 6/8, Zurich).

D'après les expériences de l'auteur, la méthode de Parr (*Journ. amer. chem. Soc.*, 22, 646; C. 1900, II, 1050) est aussi simple que sûre, et s'exécute en 30 à 40 minutes. On peut remplacer le fil de cuivre par un morceau de fil de fer, long de 10 mm. et large de 2,5 mm.

Parr a utilisé son procédé pour l'examen des charbons américains tendres et bitumineux. L'auteur établit qu'il est également applicable, dans certaines conditions, au lignite, ainsi qu'aux houilles européennes et à l'anthracite présentant une valeur calorifique supérieure à 7500 calories.

A. Rossel et A. Landriset. Analyse de l'acétylène brut et purification de ce gaz pour l'éclairage (*Mon. scient.* [4], 15, II, 569-76, Soleure et Genève).

Ce travail ne contient rien de particulièrement nouveau relativement à la précédente communication des auteurs (*Z. f. Angew. Ch.*, 1901, 77; C. 1901, I, 597). Ceux-ci estiment que le gaz acétylène employé pour l'éclairage public ne doit être produit que par introduction du carbure dans l'eau, et débarrassé dans l'appareil à dégagement même de l'ammoniaque, de l'acide sulfhydrique, des combinaisons thioniques et de l'hydrogène phosphoré, conformément à la méthode qu'ils ont indiquée.

A. Werner et C. Herty. Contributions a la constitution des combinaisons inorganiques (*Z. physik. Ch.*, 38, 331-52, 17/9, Zurich).

Les auteurs réfutent les arguments de Petersen (*Z. physik. Ch.*, 22, 410; C. 97, I, 1089) contre la méthode employée par Werner pour la détermination du type salin à l'aide de la conductibilité moléculaire.

P. SCHWARZ. SUR LES SOLUTIONS D'ASTÉROL (*Pharm. Centr.*, H., 42, 527-28, 29-8, Bâle).

La préparation des solutions d'astérol d'une teneur de 0,4 à 2 °/₀ s'effectue en traitant cette substance par l'eau bouillante et en filtrant la liqueur obtenue. Les solutions plus concentrées, de 8 °/₀ par exemple, se font en chauffant 8 gr. d'astérol et 6 gr. d'acide borique avec 70 gr. d'eau, en ajoutant 25 gr. d'ammoniaque à 20 °/₀, et en ramenant le volume à 100 cc après filtration. Elles sont stables pendant un temps assez considérable, si l'on a soin de les conserver à l'abri de la lumière.

A. TSCHIRCH et L. VAN ITALLIE. SUR LE STYRAX ORIENTAL (*Arch. der Pharm.*, 239, 506-32, 17/9, Berne).

A. TSCHIRCH et L. VAN ITALLIE. SUR LE STYRAX AMÉRICAIN (*Arch. der Pharm.*, 239, 532-47, 17/9, Berne).

A. TSCHIRCH et E. KETO. SUR LES RÉSINES DU BAUME DE COPAHU (*Arch. der Pharm.*, 239, 548-60, 17/9, Berne).

Parmi les différentes substances retirées par les auteurs de deux espèces de copahu, il faut particulièrement signaler l'acide illurique $C_{20}H_{28}O_3$, F = 128-129°, l'acide β-métacopaïque, d'une composition oscillant entre $C_{11}H_{16}O_2$ et $C_{10}H_{24}O_3$, l'acide paracopaïque, F 145-148°, l'acide homoparacopaïque, F = 110-111°.

A. WERNER et J. KUNZ. SUR LES PHÉNANTHRYLAMINES (*Ber. Dtsch. chem. Ges.*, 34, 2524-28, 28/9 [12/7], Zurich).

En chauffant le 3-phénanthrol avec le chlorure de calcium ammoniacal, il se forme la 3-phénanthrylamine $C_{14}H_9,NH_2$. Cette combinaison s'obtient avec un meilleur rendement lorsqu'on traite le phénol en question par

l'ammoniaque aqueux et le chlorhydrate d'ammoniaque à 200-220°.

Le 3-phénanthrylamine existe sous deux modifications : la modification α, cristallisant dans la ligroïne en feuillets nacrés F = 143°, la modification β, se présentant à l'état de cristaux laineux F = 87,5°. Sous l'influence de l'anhydride acétique, les deux modifications fournissent la même 3-acétaminophénanthrène $C_{14}H_9NH-COCH_3$ cristallisant dans le xylène en feuillets F = 200-201°.

La 2-acetaminophénanthrène, qui se forme comme une isomère, est convertie, par l'action de l'acide chlorhydrique à chaud, en 2-phénanthrylamine $C_{14}H_{11}N$, F = 85°.

S. Kostanecki, L. Paul et J. Tambor. Synthèse de la 3-oxychromone (*Ber. Dtsch. chem. Ges.*, 34, 2475-79, 28/9 [10/7], Berne).

L'éther éthylique de l'acide 4-éthoxy-2-oxybenzoylpyruvique $(C_2H_5O)(HO)C_6H_3-CO-CH_2.CO-COOC_2H_5$ s'obtient en traitant la résacétophénonemonoéthylique par l'éther oxalique en présence de sodium. Il cristallise en prismes F = 99-100°. Si on le soumet à l'action de l'alcool et de l'acide chlorhydrique concentré à l'ébullition, on le transforme en acide 3-éthoxychromone-β-carbonique, qui se présente à l'état d'aiguilles prismatiques groupées en rosettes. Chauffée à 234°, cette dernière combinaison se convertit, par dégagement de CO_2 en 3-éthoxychromone, F = 120-121°.

O

C^2H_5O C-COOH CH CO

Acide 3-éthoxychromone-β-carbonique

O

C_2H_5O CH CH CO

3-éthoxychromone

Enfin, sous l'influence de l'acide iodhydrique bouillant, cet éther se saponifie en fournissant la 3-oxychromone $C_9H_6O_3$, cristallisant dans l'eau en petites aiguilles fusibles à 218°.

A. Classen et H. Cloeren. Ausgewæhlte Methoden der analytischen Chemie. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, éditeurs.

Le nouvel ouvrage que le prof. Classen vient de publier, s'adresse principalement aux chimistes professionnels et aux techniciens. Il est conçu sur un plan nouveau, et l'expérience que possède l'auteur en matière d'analyse donne à ce volume une valeur toute particulière.

Le professeur Classen a abordé l'étude des divers problèmes de l'analyse minérale dans toute sa généralité, et traite non seulement les dosages des éléments usuels, mais encore ceux des éléments réputés rares, qui cependant deviennent de jour en jour plus employés dans les arts et l'industrie. L'auteur examine séparément chaque métal, et après avoir indiqué ses réactions qualititatives, il passe en revue les principales méthodes de dosages qui sont employées, en faisant toutefois parmi celles-ci une sélection toujours heureuse. Puis avec chaque élément il donne les méthodes d'analyse des principaux composés naturels ou artificiels dans lesquels entre ce dernier. Minerais, alliages, produits des industries les plus diverses, etc., sont passés en revue dans leurs chapitres respectifs; les méthodes choisies pour les analyses sont toujours élégantes et précises, et la gravimétrie, la volumétrie, l'électrolyse, la colorimétrie et l'analyse par voie séche sont tour à tour mises à contribution. Souvent pour une même substance, l'auteur donne plusieurs méthodes analytiques différentes, mais toutes éprouvées. Nous ajouterons que les nombreuses illustrations contenues dans l'ouvrage du professeur Classen sont soignées et contribuent à faire bien comprendre l'emploi de certains appareils compliqués, très usuels cependant dans l'analyse moderne.

En somme cet ouvrage résume pour ainsi dire toutes nos connaissances actuelles sur l'analyse minérale; il trouve une place toute désignée dans la bibliothéque de tous les chimistes professionnels.

L. Duparc. prof.

BIOLOGIE

J. ANGLAS. — LES PHÉNOMÈNES DES MÉTAMORPHOSES INTERNES. (*Scientia*, déc. 1902. Série biologique, n° 17.)

C'est un exposé du processus histologique de la métamorphose ou du métabolisme qui résulte de la destruction d'un organe et de l'utilisation des matériaux de dégénérescence pour la construction d'organes nouveaux ou le développement d'organes existants. Donnons comme exemple de ce phénomène la disparition des branchies externes des batraciens ou la nymphose des lépidoptères. C'est le processus histologique intime du phénomène qui fait l'objet de cette intéressante exposition scientifique et dont les détails ne se prêtent guère à une analyse succincte.

Prof. Ad. D'ESPINE.

C. LEVADITI. — LE LEUCOCYTE ET SES GRANULATIONS. (*Scientia*, oct. 1902. Série biologique, nos 15 et 16.)

Les granulations des leucocytes, mises en lumière par la méthode de coloration d'Ehrlich, ont pris une grande importance dans l'hématologie clinique. M. Levaditi, élève d'Ehrlich, a étudié avec l'autorité que lui donnent des recherches personnelles, l'histoire des granulations leucocytaires, qui éclaire d'un nouveau jour la cytogénie des leucocytes et leur rôle en pathologie. C'est un exposé clair et très complet d'une question très actuelle, l'hématologie normale et pathologique.

Prof. Ad. D'ESPINE.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1902

Décembre.

515 *bis*. Bach (A.). Tétroxyde d'oxygène et acide ozonique. Genève. *Archives des sc. phys. et nat.* **14**. 630.

547. Bamberger (Eug.). Ueber die Oxydation des Aethylamins. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn.— *Ber.* **35**. 4293.

548. Bamberger (Eug.) und Seligman (Rich.). Ueber die Oxydation des Methylamins. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 4299.

549. Bamberger (Eug.) und Tichvinsky (Mich.). Ueber die Einwirkung von Zinkäthyl auf Diazobenzolchlorid. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **35**. 4179.

550. Baragiola (Wilhelm Italo). Ueber das Verhalten der normalen Natrium-und Kaliumsalze des Wolframs. Molybdäns und Vanadins gegen Ammoniumchlorid. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

551. Billeter (Otto). De l'action du cyanate d'argent sur les chlorures d'acyles. *Thèse*. Neuchâtel. (Prof. Billeter).

552. Decker (Oskar). Ueber Ammoniumarsenvanadinmolybdate. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

209 *bis*. Dinklage (Karl). Ueber Osmium-Stickstoffverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

132 *bis*. Gerb (Ludwig). Zur Kenntnis der Diaethylendiamin-Kobalti-Verbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

553. Goldhaber (Max). Untersuchungen über die Aethyläpfelsäure. *Dissert.* Basel (Dr Fichter).

554. Goldschmidt (C.) Der Formaldehyd (Bonn 1902). Genf.

555. Heffter (A.) Der Nachweis der Pentose im Harn. Bern.— *Schweiz Wochenschr.* **40**. 615.

411 *ter*. HEUBERGER (Karl). Untersuchungen über den chinesischen Rhabarber. *Dissert*. Bern (Prof. Tschirch).

316 *bis*. KLIEN (James-L.). Ueber Tetraquodiammin-und Diacidodiaquodiammin-Chromsalze. *Dissert*. Zürich (Prof. Werner)

556. KOSTANECKI (St. v.). Zum Abbau des Brasilins. Bern. — *Berichte* **35**. 4285.

557. KULKA (Otto). Beiträge zur Kenntnis einiger Zirkoniumverbindungen. *Dissert*. Bern. (Prof. Friedheim).

558. LANGSTEIN (Leo). Ueber das Vorkommen von Albumosen im Blute. Basel. Med. Klinik von Prof. Fr. Müller. — *Beitr. chem. Physiol*. **3**. 373.

506 *bis*. MAI (J.) und SILBERBERG (M.) Gasanalytische Bestimmungen mit dem V. Meyer'schen Dampfdichteapparat. Bern. — *Berichte* **35**. 4229.

559. MEYER (Gustave-M.). Action des métaux sur des dérivés iodés aromatiques. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

560. OESTERLE (O.-A.). Zur Kenntnis der Bestandteile abführender Drogen. Bern. — *Schweiz. Wochenschr*. **40**. 600.

561. OSWALD (A.). Ueber jodierte Spaltungsprodukte des Eiweisses. Zürich. Chem. Lab. der med. Klinik. — *Beitr. chem. Physiol*. **3**. 391.

201 *bis*. PAUL (Ludwig). Synthesen einiger Chromonderivate. *Dissert*. Bern. (Prof. v. Kostanecki).

562. PELET (L.) et JOMINI (P.). Les limites de combustibilité. Lausanne. Lab. de chim. indust. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **27**. 1207.

563. POPOVICI (Constantin). Ueber isomere Dinitrodiaethylendiamincobalt-Verbindungen. *Dissert*. Zürich (Prof. Werner).

564. RABOW (S.), WILCZEK (E.) und REISS (R.-A.). Die offizinellen Drogen und ihre Präparate (Strassburg 1902). Lausanne.

524 *ter*. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Sur l'acétamido-p-benzoyl-β-naphtol et le benzoylamido-p-benzoyl-β-naphtol. Genève. — *Bull. de la Soc. chim*. **27**. 1178.

565. RUPE (Hans), RONUS (Max) und LOTZ (Walther). Ueber die Darstellung von ungesättigten aliphatischen Säuren mit einer Doppelbindung in der α, β-Stellung. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **35**. 4265.

566. SAKOWITSCH (I.). Aldehydcondensation substituirter Pyrrole. *Dissert*. Zürich (Dr Feist).

567. SCHALL (C.). Ueber Wessel's Dicarbobase. Zürich. Univ. — *Journ. prakt. Ch*. **66**. 576.

568. SILBERBERG (Maximilian). Ueber den Einfluss der Hydrierung auf das Drehungsvermögen. *Dissert.* Basel (Dr Rupe).

569. STEIGER (Robert). Ueber die Einwirkung von Bichloræther auf p-Toluidin. *Dissert.* Zürich (Prof. Abeljanz).

570. STEINMANN (A.). Recherches sur le dosage du sucre dans les chocolats. Genève. Lab. cantonal d'analyses. — *Journ. suisse de chimie* 40. 581.

571. STRZYZOWSKI (Casimir). Ueber ein neues Reagens und dessen Empfindlichkeit für den krystallographischen Blutnachweis. Lausanne. Lab. für physiol. Chemie an der med. Univ.-Klinik. — *Therap. Monatshefte.*

572. THÉVENAZ (William). Recherches sur l'acide 3. 6. di-chloro-o-benzoylbenzoïque. *Thèse.* Genève (Prof. Graebe).

573. TOGGENBURG (Fritz). Ueber Phosphorvanadinmolybdate. *Dissert.* Bern. (Prof. Friedheim).

574. ULLMANN (F.) und BLEIER (H.). Zur Darstellung von o-Aminobenzophenonderivaten. Genf Univ.-Lab. — *Berichte* 35. 4273.

575. ULLMANN (F.) und MAUTHNER (F.). Ueber die Oxydation von o-Phenylendiamin. Genf. Univ.-Lab — *Ber.* 35. 4302.

576. VOORNVELD (H.-I.-A. van). Das Blut im Hochgebirge. Davos. — *Pflüger's Archiv.* 93. 239.

577. WERNER (A.) und KUNZ (J.). Ueber Oxyphenanthrencarbonsäuren. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 35. 4419.

533 *bis.* WERRA (Joseph de). Ueber die Konstitution der Monochlormetatoluidine und der ihnen entsprechenden Carbonsäuren. *Dissert.* Zürich (Prof. Bamberger).

578. ZINGGELER (Ernst). Ueber Rhodankobaltsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

1903

Janvier

579. ARRAGON (Charles). Sur le dosage de l'acide phosphorique dans les vins et dans les bières. Bâle. Lab. de l'État. — *Revue gén. de chimie* 6. 9.

317 *bis.* BACH (A.). Action de l'acide chromique sur le peroxyde d'hydrogène. Genève. — *Monit. scient.* 17. 26.

580. BAMBERGER (Eug.). Ueber Phenylazobenzylidennitronsäuremethylester. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 36. 90.

581. **Bamberger** (Eug.) und **Demuth** (Ed.). Ueber die Einwirkung von Aetzlauge auf o-Azidobenzoësäure. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn.— *Berichte* **36**. **374**.

582. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh.) Zur Kenntniss des. Phenylazoäthyls. Zürich Anal.-chem. Lab. des Polytechn. *Berichte* **36**. 53.

583. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh.) Studien über Nitrosirung, Oximirung und Nitrirung von Aldehydrazonen. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. —*Berichte* **36**. 57.

584. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh.). Zur Kenntniss des Acetaldehydphenylhydrazons. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 85.

585. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh.). Ueber das nitrosirte Metanitrobenzaldehyd-phenylhydrazon. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 92.

586. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh.). Ueber das Verhalten des Benzaldehydphenylhydrazons gegen salpetrige Säure und Amylnitrit. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 347.

587. **Bamberger** (Eug.) und **Pemsel** (Wilh). Ueber die Einwirkung von Amylnitrit auf Anisaldehyd-methyl-phenylhydrazon. Zürich, Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 359.

588. **Bistrzycki** (A.) und **Herbst** (C.). Triphenylessigsäure aus Diphenylchloressigsäure. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 145.

589. **Constam** (E.-J.) and **White** (John). Physico-chemical investigations in the pyridine series. Zürich. Polytechn. Lab. of phys. chem. — *American Chem. J.* **29**. 1.

590. **Decker** (Herman). Ueber einige Ammoniumverbindungen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 261.

488 *bis*. **Gnehm** (R.) und **Wright** (R.-G.). Ueber Auramin G. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. Farben und Textil-Ch.* **2**. 1.

591. **Goldschmidt** (Carl). Ueber einige Derivate des Cinnamylketons. Genf. — *Chem.-Zeitung* **27**. 32.

592. **Græbe** (C.). Ueber die Constitution der Ellagsäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 212.

593. **Græbe** (C.) und **Martz** (E.). Ueber Synthese der Syringasäure und über Methylgallussäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 215.

594. **Gruszkiewicz** (J.). Ueber eine neue Cyanwasserstoffsyn-

these auf elektrochemischem Wege. Freiburg.— *Zeitschr. Elektroch*. 9. 83.

595. KEHRMANN (F.) und SAAGER (A.). Ueber Nitroderivate des Phenoxazins und das Analogon des Lauth'schen Violets in der Oxazin-Reihe. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 475.

596. KOSTANECKI (St. v.) und DAVID (E.). Synthese des 3.4-Dioychromons. Bern. Univ.-Lab.— *Berichte* 36. 125.

597. KREIS (Hans) und HAFNER (August). Ueber Stearinsäurebestimmungen. Basel. Chem.-techn. Lab. der Univ. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsm* 6. 22.

598. MAI (J.) und SILBERBERG (M.). Einige Beobachtungen über Kobalt und Nickel. Bern. — *Chem.-Zeitung* 27. 13.

599. REVERDIN (Frédéric) und CRÉPIEUX (Pierre). Ueber einige Derivate des Diphenylamins und der Tolylphenylamine. Genf. — *Berichte* 36. 29.

600. RIETER (E.). Ueber die Bestimmung des Fettes in kondensierter Milch. Lab. der Stadt Zürich. — *Schweiz. Wochenschr*. 41. 39. 53.

601. RUPE (Hans) und LOTZ (Walther). Ueber die β δ-Dimethylsorbinsäure. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* 36. 15.

602. SCHAERGES (C.). Ueber Protylin und organische Phosphorpräparate. Basel. — *Pharm. Centralhalle* 44. 1.

603. STRZYZOWSKI (Casimir). Ueber ein praktisches Veraschungsverfahren zur Bestimmung von Chlor. Lausanne. Lab. für physiol. Ch. der Univ. — *Oesterr. Chem.-Zeitung* 6. 25.

184 *ter*. TREADWELL (F.-P.). Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. 2 Aufl. Band II. Quantitative Analyse (Wien 1903) Zürich.

604. ULLMANN (F.) und MÜNZHUBER (A.). Ueber die Herstellung von Tetraphenylmethan. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 404.

605. WERNER (Alf.). Die Ammoniumsalze als einfachste Metallammoniake. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 147.

Février

528 *bis*. BACH (A.). Action de l'acide chromique sur le réactif Caro. Genève. — *Mon. scient*. 17. 104.

515 *ter*. BACH (A.). Tétroxyde d'hydrogène et acide ozonique. Genève. — *Mon. scient*. 17. 106.

606. BACH (A.) und CHODAT (R.). Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle.

Ueber Peroxydase. Genf. Pflanzenchem. Lab. des botan. Instituts. — *Berichte* **36**. **600**.

607. Bamberger (Eug.). und Tichvinsky (Mich.). Bemerkung zu einer Mittheilung von C. Harries. — Zürich. Polytechn. — *Berichte* **36**. 662.

608. Chodat (R.) und Bach (A.). Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle. Zerlegung der sogenannten Oxydasen in Oxygenasen und Peroxydasen. Genf. Pflanzenchem. Lab. des botan. Instituts. — *Berichte* **36**. **606**.

609. Deichler (Chr.) und Weizmann (Ch.). Studien und Synthesen in der Reihe des Naphtacenchinons. Genf. Univ-Lab. — *Berichte* **36**. 547.

520 *bis*. Guye (Ph.-A.) et Perrot (F.-Louis). Etude expérimentale sur la forme et sur le poids des gouttes statiques et dynamiques. Genève. Lab. de chimie phys. de l'Univ. — *Archives des sc. phys. et nat.* **15**. **132**.

610. Hupfer (Frz.). Einwirkung von Chinasäure auf Harnsäure- und Hippursäureausscheidung. Basel. Lab. von G. v. Bunge. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **37**. 302.

575 *bis*. Mauthner (Ferdinand). Oxydation des o-diamines. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

562 *bis*. Pelet (L.) et Jomini (P.). Les limites de combustibilité. Lausanne. Lab. de chimie industr. de l'Univ. — *Monit. scient.* **17**. 94.

160 *bis*. Pictet (Amé) et Kramers (G.-H.). Action de l'acide nitreux et de l'acide chlorhydrique sur la papavérine. Genève. Lab. de chim. pharm. de l'Univ. — *Archives des sc. phys. et nat.* **15**. 121.

611. Pury (Hermann de). Observations sur quelques levures de bière sèches se trouvant dans le commerce. — *Journal suisse de chimie* **41**. 67.

612. Seiler (F.) et Verda (A.). Sur la réaction de Wellmanns. Lausanne. Lab. du contrôle des boissons. — *Journal suisse de Chimie* **41**. 63.

613. Steinmann (A.). Ueber die Bestimmung des Zuckers in der Schokolade. Genf. — *Schweiz. Wochenschr.* **41**. 65.

614. Werner (A.) und Kuntz (J.). Laboratoriumsapparat für die Darstellung von Salicylsäure und verwandten Oxycarbonsäuren. Zürich. Polytechn. — *Chem.-Zeitung* **27**. 150.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1903

Le 1er, très forte gelée blanche le matin; pluie à 1 h. et à 4 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève.

2, pluie dans la nuit, à 4 h. et à 7 h. du soir; légère chute de neige dans la nuit.

3, très forte bise pendant toute la journée.

4, légère gelée blanche le matin.

5, très forte gelée blanche le matin et le soir.

6, très forte gelée blanche le matin; léger givre; brouillard pendant tout le jour.

7, brouillard pendant tout le jour; givre le matin.

8, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et à 10 h. du soir; givre le matin.

9, très forte gelée blanche le matin.

10, forte gelée blanche le matin; couronne lunaire.

11. très forte gelée blanche le matin; brouillard le matin jusqu'à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir; forte rosée le soir.

12, brouillard le matin et le soir.

13, gelée blanche le matin; forte bise à 1 h. et à 4 h. du soir.

14, forte gelée blanche le matin.

15, forte gelée blanche le matin; quelques gouttes de pluie à 6 h. 30 m.

16, forte bise depuis 4 h. du soir.

18, 19, 20, 21, forte gelée blanche le matin.

23, légère averse à 9 h. 30 m. du matin.

25, forte gelée blanche le matin; brouillard à 10 h. du matin.

26, pluie à 10 h. du matin, à 1 h. et à 7 h. du soir; fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

27, pluie dans la nuit; forte gelée blanche le matin; fort vent dans l'après-midi; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.

28, pluie à 10 h. du matin et à 1 h. du soir; fort vent à 4 h. du soir; orage à 5 h. 30 m. du soir.



GENÈVE – FÉVRIER 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	25.1	22.5	18.2	23.13	– 4.32	15.8	29.0	SE. 0	SSW. 1	N. 0	var.	5.2	10	10	10	10	....	**19.0**	**10**
2	14.6	18.4	26.0	**18.75**	– **8.66**	**13.3**	27.0	S. 1	SSW. 1	NNE. 1	NNE. 1	10.4	10	10	10	10	....	0.8	1
3	31.1	33.4	36.7	32.63	+ 5.27	27.6	36.7	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	**30.3**	2	0	0	0	6.2	....	....
4	37.7	37.9	38.9	37.82	+10.51	36.5	38.9	NE. 1	NNE. 1	S. 1	NNE. 1	4.2	0	0	0	0	5.1	....	....
5	38.3	37.7	37.5	38.12	+10.86	37.2	38.9	E. 0	N. 1	E. 0	calme	1.9	0	1	0	2	4.2	....	....
6	36.3	35.0	35.1	35.73	+ 8.52	34.2	37.6	SE. 0	S. 0	S. 1	calme	1.7	10	10	10	10	....	....	....
7	36.3	35.9	38.2	36.73	+ 9.57	35.1	38.7	S. 1	S. 1	SE. 0	S. 1	2.7	10	10	10	10	....	....	....
8	40.4	40.9	41.0	40.43	+13.32	39.2	41.3	S. 1	N. 1	N. 0	var.	2.9	10	5	10	9	4.0	....	....
9	41.6	41.1	41.6	41.32	+14.27	40.5	42.0	E. 0	S. 0	N. 1	var.	2.1	2	2	10	6	4.0	....	....
10	42.2	41.8	42.8	42.24	+15.24	41.7	42.9	SW. 1	N. 1	S. 1	N. 1	3.1	1	1	2	4	5.5	....	....
11	42.8	40.8	39.4	41.19	+14.25	39.0	43.0	S. 0	N. 1	N. 0	var.	2.3	10	10	10	7	2.3	....	....
12	36.5	34.9	33.4	35.46	+ 8.58	32.8	38.9	SW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.1	10	6	10	8	1.2	....	....
13	33.5	32.5	32.7	32.97	+ 6.15	32.0	33.6	NE. 0	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	10.0	7	1	0	1	6.2	....	....
14	32.2	30.6	30.1	31.16	+ 4.40	29.3	32.5	SSW. 1	S. 1	S. 0	var.	4.0	8	1	6	2	7.5	....	....
15	28.8	28.0	28.5	28.44	+ 1.74	27.3	29.7	S. 0	NW. 0	N. 0	var.	2.3	10	10	10	10	....	....	....
16	28.9	30.1	34.7	30.68	+ 4.04	28.4	35.2	S. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	13.6	10	2	0	3	6.9	....	....
17	38.5	39.9	41.3	39.11	+12.53	35.8	41.2	NNE. 1	N. 1	N. 0	NNE. 2	16.6	0	0	0	0	7.8	....	....
18	41.7	41.1	41.4	41.39	+14.87	40.3	42.1	N. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.1	0	0	0	0	7.8	....	....
19	42.6	42.2	42.1	42.08	+15.62	41.2	42.8	S. 0	N. 1	S. 0	var.	2.9	0	1	0	1	6.3	....	....
20	43.1	42.6	42.9	**42.88**	**+16.44**	42.1	43.4	SW. 0	N. 0	S. 0	NNE. 1	3.5	0	0	1	1	7.5	....	....
21	43.5	41.3	39.6	41.68	+15.35	39.5	**43.5**	S. 1	SW. 0	S. 1	var.	3.3	3	8	1	4	4.1	....	....
22	37.7	36.3	35.6	36.69	+10.42	33.6	39.4	N. 0	WSW. 1	SE. 0	SSW. 1	4.6	8	9	2	8	....	....	....
23	29.2	25.8	29.7	29.01	+ 2.81	25.8	33.4	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.9	10	10	10	9	....	0.4	1
24	34.8	34.6	32.8	33.46	+ 7.32	31.2	35.3	SSW. 1	NNE. 1	SE. 1	NNE. 1	5.2	0	0	0	0	**8.5**	....	....
25	32.9	33.0	31.5	32.61	+ 6.53	31.6	34.0	S. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	6.5	1	4	9	4	5.4	....	....
26	31.2	33.4	35.2	32.77	+ 6.76	30.8	35.3	SW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	7.7	10	10	2	8	....	6.0	3
27	32.5	30.5	28.7	31.21	+ 5.26	28.2	34.5	S. 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 2	13.5	8	8	9	8	3.8	....	....
28	26.9	26.5	31.4	27.94	+ 2.05	26.3	31.8	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 2	16.6	10	10	9	8	....	5.9	1
Mois	35.01	31.59	35.2[illegible]	34.91	+ 8.07	[illegible]	[illegible]					6.83	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	− 0.8	+ 5.0	+ 3.1	+ 1.82	+ 1.37	− 2.0	+ 7.5	92	81	82	89	+ 5	72	99	....	.....	1300
2	+ 1.3	3.6	+ 2.9	+ 2.11	+ 1.60	+ 0.5	4.3	88	81	80	83	− 1	73	93	4.7	− 0.1	1245
3	+ 1.6	3.4	+ 1.4	+ 1.95	+ 1.37	+ 0.3	4.2	75	55	70	67	−17	55	76	4.8	0.0	1280
4	− 2.0	2.6	− 1.0	− 0.15	− 0.80	− 2.7	4.0	92	65	81	80	− 4	55	92	4.9	+ 0.1	1265
5	− 4.6	+ 1.2	− 1.4	− 1.49	− 2.21	− 5.0	+ 2.9	90	76	96	88	+ 4	76	96	5.0	+ 0.2	1250
6	− 3.8	− 1.2	− 1.8	− 2.48	− 3.28	− 4.0	− 0.6	100	96	100	98	+14	95	100	4.4	− 0.4	1230
7	− 3.7	− 2.4	− 2.8	**− 2.94**	**− 3.81**	− 4.0	− 1.0	100	100	100	100	+15	96	100	4.5	− 0.3	1216
8	− 5.4	− 0.4	+ 1.9	− 1.62	− 2.57	− 6.0	+ 3.2	100	85	95	95	+12	85	100	....	.....	1220
9	− 1.6	+12.0	5.0	+ 3.94	+ 2.91	− 2.0	12.5	96	42	84	78	− 5	42	96	4.7	− 0.2	1212
10	+ 0.4	9.7	3.7	+ 4.74	+ 3.63	− 0.1	11.7	93	69	89	83	0	69	93	4.8	− 0.1	1207
11	− 2.0	1.9	+ 1.8	+ 0.74	− 0.46	− 2.2	4.0	100	97	100	97	+14	90	100	4.7	− 0.2	1195
12	− 2.0	1.2	0.0	− 0.33	− 1.61	− 2.6	2.2	100	96	100	99	**+16**	96	100	4.8	− 0.1	1182
13	− 3.2	7.8	+ 3.0	+ 2.05	+ 0.68	− 3.7	9.0	100	52	76	82	0	52	100	4.9	0.0	1183
14	− 2.0	5.6	1.0	1.87	+ 0.41	− 2.3	7.6	92	62	82	77	− 5	62	92	4.7	− 0.3	1163
15	0.0	6.4	5.4	2.95	+ 1.40	− 1.3	8.0	97	68	73	81	− 1	61	98	....	.....	1165
16	+ 2.6	6.6	+ 2.0	+ 3.93	+ 2.29	+ 0.5	7.8	89	68	62	72	−10	51	89	5.0	0.0	1155
17	− 2.0	1.4	− 1.0	− 0.15	− 1.89	− 3.5	3.2	87	66	89	77	− 5	66	96	4.1	− 0.9	1165
18	− 6.4	1.8	0.0	− 1.27	− 3.10	**− 6.9**	5.2	95	82	96	84	+ 3	47	98	4.0	− 1.0	1120
19	− 4.6	5.8	+ 0.7	+ 0.45	− 1.48	− 5.3	8.0	95	47	82	83	+ 2	47	97	4.5	− 0.6	1122
20	− 3.5	8.6	3.7	2.40	+ 0.37	− 4.2	10.9	94	45	68	66	−15	30	96	4.9	− 0.2	1087
21	− 1.4	12.6	4.7	4.50	+ 2.37	− 1.8	13.0	92	46	75	69	−11	40	92	5.0	− 0.1	1135
22	+ 5.4	19.2	10.4	**11.18**	**+ 8.90**	+ 4.0	**20.6**	85	31	49	**55**	**−25**	**27**	85	....	.....	1100
23	+ 7.4	18.8	10.4	10.79	+ 8.46	+ 6.0	19.6	65	38	57	59	−21	35	76	5.5	+ 0.3	1115
24	+ 3.3	7.0	1.8	4.92	+ 2.48	0.0	10.2	61	34	81	**55**	**−25**	34	72	6.0	+ 0.8	1145
25	− 2.4	12.0	7.9	5.08	+ 2.54	− 3.0	14.0	80	37	62	62	−18	37	80	6.1	+ 0.8	1107
26	+ 5.7	9.0	5.2	6.91	+ 4.26	+ 0.9	10.0	66	66	94	76	− 4	55	97	5.9	+ 0.6	1042
27	+ 2.0	13.4	11.7	7.39	+ 4.63	0.0	13.8	93	44	46	73	− 6	44	96	6.0	+ 0.7	1090
28	+ 9.6	+ 8.2	+ 7.2	+ 8.97	+ 6.10	+ 6.5	+11.5	55	83	61	66	−13	55	83	6.1	+ 0.7	1097
Mois	− 0.43	+ 6.46	+ 3.10	+ 2.79	+ 1.19	− 1.57	+ 8.12	88	65	80	78	− 4			5.00	+ 0.04	1175

MOYENNES DE GENÈVE. — FÉVRIER 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	34.16	34.06	34.37	35.02	34.45	34.58	35.35	35.54	34.69
2e »	36.78	36.60	36.86	37.12	36.26	35.56	36.39	36.68	36.53
3e »	34.41	33.88	33.59	33.45	32.67	32.01	32.48	32.89	33.17
Mois	35.17	34.91	35.04	35.32	34.59	34.70	34.89	35.19	34.91

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	− 1.12	− 1.85	− 1.86	+ 0.79	+ 3.35	+ 2.74	+ 1.91	+ 0.75	+ 0.59
2e »	− 0.56	− 1.57	− 2.31	+ 1.02	+ 4.71	+ 5.00	+ 2.99	+ 0.83	+ 1.26
3e »	+ 4.57	+ 3.99	+ 3.70	+ 7.79	+ 12.52	+ 11.76	+ 8.54	+ 6.81	+ 7.46
Mois	+ 0.71	− 0.08	− 0.43	+ 2.87	+ 6.46	+ 6.12	+ 4.19	+ 2.51	+ 2.79

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
1re décade	92	93	93	83	75	80	84	88	86
2e »	90	92	95	82	68	65	72	89	82
3e »	74	75	75	61	47	50	62	69	64
Mois	86	88	88	76	65	66	74	83	78

Dans ce mois l'air a été calme 393 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{67}{51} = 1.31$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 9°.39 E.
Son intensité est égale à 8.85 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	734.96
Nébulosité..................	5.2
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 3°.04
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$ ..	+ 3°.06
Fraction de saturation........	78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér.. (1836-1875)	726mm.84
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	36mm.5
Nombre de jours de pluie. (id.).	8
Température moyenne... (id.).	+ 1°.60
Fraction de saturat. (1849-1875)	82 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	28.6	30.5	30.8	30.9	33.5	35.0	39.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	33.5	32.1	28.2	20.8	29.2	35.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 131 h.9.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1903

Le 1, fort vent pendant tout le jour; neige le soir.
2, fort vent à 1 h. et bise à 9 h. du soir; neige l'après-midi.
3, forte bise et neige le matin ; brouillard à 1 h.
4, forte bise à 1 h.
6, fort vent le soir.
9, très forte bise l'après-midi.
10, grande sécheresse de l'air : 5 % à 5 h. du soir.
11, » » » » 1 % à 11 h. du matin ; forte bise à 1 h. du soir.
12, » » » » 1 % à 11 h. du matin ; forte bise le soir.
13, forte bise le matin.
14, forte bise le soir.
15 et 16, très forte bise, neige.
18, grande sécheresse de l'air : 7 % à 3 h. du matin.
20, » » » » 3 % à 6 h. du matin ; forte bise à 1 h. du soir.
21, » » » » 7 % à 9 h. du matin ; forte bise à 1 h. du soir.
22, bise l'après-midi.
23, quelques gouttes de pluie à 9 h. du matin ; fort vent.
24, très forte bise ; neige.
Du 25 au 28, fort vent ; neige le 28.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.2	59.4	54.7	58.8	− 1.6	54.0	62.7	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	**17.3**	**14**
2	49.7	51.9	57.6	**53.1**	− **7.8**	**49.0**	58.0	SW. 0	SW. 2	NE. 2	var.	8	10	10	9	8.0	10
3	61.0	62.9	66.6	63.5	+ 3.1	59.0	67.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	0	7	....	....
4	68.5	69.3	70.5	69.4	+ 9.1	66.9	70.6	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
5	70.4	70.8	70.9	70.7	+ 10.4	70.0	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
6	70.3	69.9	69.6	70.0	+ 9.7	69.3	70.5	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	0	0	0	....	....
7	69.8	70.4	71.9	70.7	+ 10.5	69.7	72.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	var.	0	0	0	0	....	....
8	73.7	74.0	74.7	74.1	+ 13.9	73.5	74.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
9	74.0	74.5	74.8	74.4	+ 14.2	74.0	75.0	SW. 1	NE. 3	NE 3	var.	1	1	2	1	....	....
10	75.0	75.7	76.8	75.8	+ 15.7	75.0	77.0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
11	76.0	74.5	73.8	74.8	+ 14.7	73.5	76.2	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
12	71.4	69.3	68.1	69.6	+ 9.5	68.0	72.0	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	1	0	....	....
13	66.7	65.9	65.1	65.9	+ 5.9	64.9	67.0	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	0	10	4	5	....	....
14	64.5	63.8	62.6	63.6	+ 3.6	62.0	64.8	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	1	0	....	....
15	61.1	61.5	60.7	61.1	+ 1.1	60.5	62.0	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	7	6	10	8	6.7	7
16	60.9	61.4	63.3	61.9	+ 1.9	60.5	63.8	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	10	3	7	7	8.6	8
17	67.3	69.8	71.1	69.4	+ 9.5	66.5	71.5	SW. 1	SW. 1	SW. 0	SW. 1	1	0	0	0	....	....
18	71.6	72.6	74.2	72.8	+ 12.9	71.2	74.5	SW. 0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
19	75.5	76.0	77.3	76.3	+ 16.4	75.0	77.4	NE. 1	NE. 1	NE. 0	NE. 1	0	0	0	0	....	....
20	76.8	77.8	77.5	77.4	+ 17.6	76.5	77.6	NE. 1	NE. 2	NE 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
21	78.2	78.7	77.1	**78.0**	+ **18.2**	76.9	**79.0**	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
22	74.5	73.7	73.2	73.8	+ 14.0	72.1	75.0	NE. 0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	5	7	4	5	....	....
23	70.1	67.7	65.3	67.7	+ 7.9	65.0	72.3	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	4	8	6	6	....	....
24	64.9	66.4	67.7	66.3	+ 6.5	64.5	68.0	NE. 4	NE. 2	SW. 1	var.	10	0	1	4	4.6	5
25	67.8	68.2	68.2	68.1	+ 8.3	67.5	68.5	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	1	0	6	2	....	..
26	67.0	67.5	68.9	67.8	+ 8.1	66.9	69.1	SW. 2	SW. 3	SW. 0	SW. 2	10	10	3	8	....	....
27	68.9	68.3	67.1	68.1	+ 8.4	66.8	69.0	SW. 2	SW. 4	SW. 2	SW. 3	3	5	8	5	....	....
28	64.0	63.1	63.8	63.6	+ 3.9	62.7	64.3	SW. 3	SW. 2	NE. 1	var.	10	10	4	8	....	...
Mois	68.64	68.75	69.01	68.81	+ 8.57							3.2	3.3	2.7	3.1	45.2	41

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-10.7	- 9.6	-10.2	-10.2	- 1.1	-12.3	- 9.0	100	100	100	100	100	100
2	-11.0	- 9.0	-11.8	-10.6	- 1.5	-12.6	- 8.5	100	100	100	100	100	100
3	-12.6	-10.6	-13.0	**-12.1**	**- 8.1**	-14.0	-10.0	100	100	100	100	100	100
4	- 7.3	- 3.0	- 5.1	- 5.1	+ 3.9	-13.3	- 2.5	48	36	38	41	32	68
5	- 4.3	- 1.6	- 5.4	- 3.8	+ 5.2	- 6.8	- 0.5	38	36	50	41	32	52
6	- 4.4	- 3.2	- 7.2	- 4.9	+ 4.1	- 7.4	- 2.2	47	47	58	51	42	60
7	- 5.3	- 1.1	- 4.4	- 3.6	+ 5.4	- 7.8	+ 0.2	37	30	25	31	20	60
8	- 4.0	- 0.8	- 1.4	- 2.1	+ 6.9	- 5.0	+ 0.4	15	23	30	23	12	35
9	- 3.9	- 2.2	- 3.6	- 3.2	+ 5.8	- 4.9	- 1.1	46	58	91	65	38	95
10	- 4.4	+ 2.4	+ 0.9	- 0.4	+ 8.6	- 5.2	+ 2.8	63	7	6	25	5	98
11	- 0.1	+ 2.3	- 0.6	+ 0.5	+ 9.4	- 0.6	+ 3.4	5	2	6	**4**	**1**	8
12	+ 0.9	0.0	- 6.4	- 1.8	+ 7.1	- 6.4	+ 3.4	5	12	51	23	**1**	55
13	- 7.8	- 6.1	- 9.1	- 7.7	+ 1.2	- 9.3	- 5.5	98	100	71	90	56	100
14	- 8.0	- 4.5	- 8.7	- 7.1	+ 1.7	- 9.0	- 3.5	33	32	60	42	30	62
15	- 7.6	- 5.2	- 8.2	- 7.0	+ 1.8	-10.4	- 5.0	100	100	100	100	45	100
16	- 9.2	- 9.2	-12.8	-10.4	- 1.6	-13.8	- 8.9	100	96	96	97	81	100
17	-14.0	- 7.4	-10.1	-10.5	- 1.7	**-17.0**	- 5.8	30	17	18	22	15	96
18	- 7.2	- 3.1	- 3.0	- 4.4	+ 4.3	-10.2	- 1.8	10	17	23	17	7	23
19	- 1.9	+ 3.1	- 1.0	+ 0.1	+ 8.8	- 4.0	+ 3.8	33	25	28	29	20	33
20	- 0.8	+ 0.4	- 0.6	- 0.3	+ 8.4	- 1.9	+ 1.4	7	18	10	12	3	30
21	- 1.1	+ 3.3	+ 2.8	**+ 1.7**	**+10.8**	- 1.2	**+ 4.6**	27	44	43	38	7	45
22	+ 0.9	+ 2.2	+ 1.2	+ 1.4	+10.0	+ 0.6	+ 2.7	66	64	84	71	43	85
23	+ 3.6	+ 1.8	- 3.8	+ 0.5	+ 9.0	- 3.8	+ 4.4	77	89	92	86	70	94
24	- 9.8	- 8.0	- 7.9	- 8.6	- 0.1	-10.5	- 2.8	99	61	36	65	10	100
25	- 9.5	- 5.2	- 7.5	- 7.4	+ 1.0	-10.2	- 4.8	89	73	100	87	58	100
26	- 7.8	- 5.2	- 6.8	- 6.6	+ 1.8	- 8.3	- 4.8	100	100	96	99	90	100
27	- 7.8	- 4.7	- 5.8	- 6.1	+ 2.2	- 8.4	- 4.8	75	79	93	82	60	95
28	- 7.0	- 4.1	- 7.4	- 6.2	+ 2.1	- 7.9	- 3.9	100	100	99	100	95	100
Mois	- 5.79	- 3.15	- 5.60	- 4.85	+ 3.76	- 7.91	- 2.08	59	56	61	59		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	67.46	67.88	68.81	68.05	59	54	60	58
2e »	69.18	69.26	69.37	69.28	42	42	46	44
3e »	69.42	69.20	68.91	69.18	79	76	80	79
Mois	68.64	68.75	69.04	68.81	59	56	61	59

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 6.79	— 3.87	— 6.12	— 5.60	— 5.72
2e »	— 5.57	— 2.97	— 6.05	— 4.86	— 5.16
3e »	— 4.81	— 2 49	— 4.40	— 3.90	— 4.02
Mois	— 5.79	— 3.15	— 5.60	— 4.85	— 5.03

Dans ce mois l'air a été calme 83 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{80}{52} = 1.54$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 33.3 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	26.2	18.8	25.9	45.2
Neige en centimètres...	0cm	6cm	35cm	44cm

LES

GISEMENTS PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

Louis DUPARC

professeur à l'Université de Genève.

(*Suite et fin*[1].)

---

§ 5. Description des principaux gisements de l'Oural.

I. *Gisements du district du Tagil.*

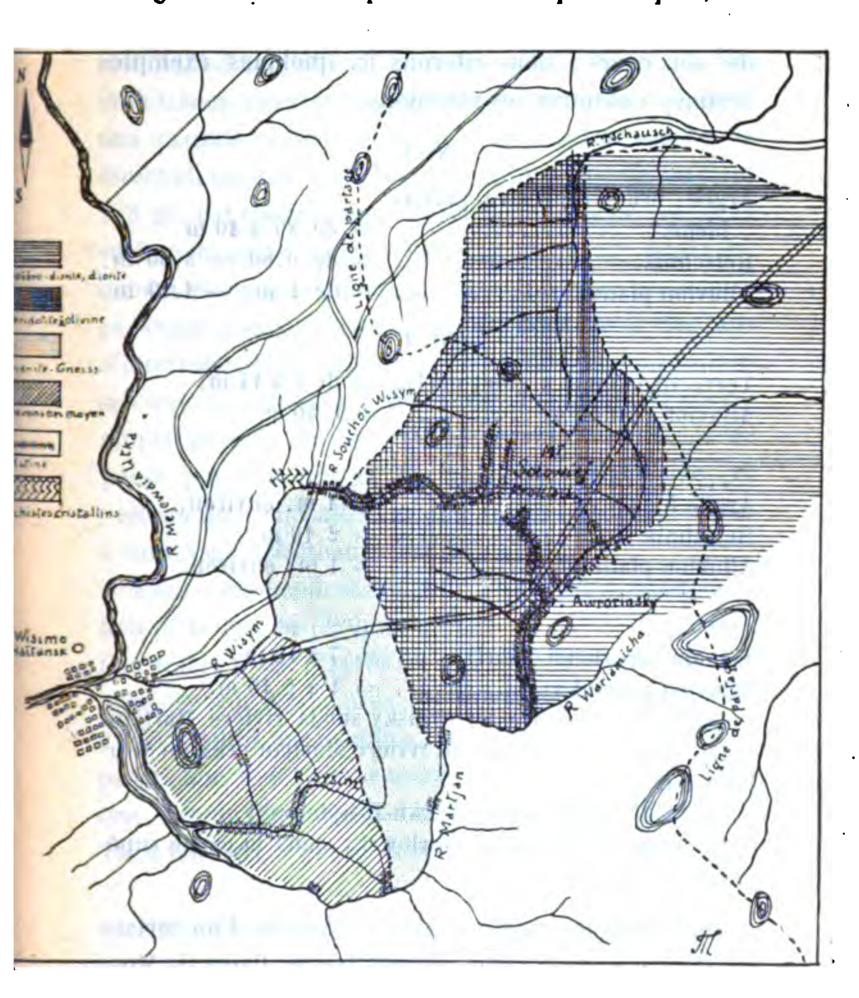
Ceux-ci ont été découverts en 1825 sur la rivière Wissym, et ont été travaillés depuis cette époque avec des péripéties diverses. Les rivières platinifères au nombre de 4, prennent leur source sur la ligne de partage ou dans son voisinage immédiat, principalement sur les flancs du Mont Solowieff. La ligne de partage elle-même est formée par une série de petites montagnes appelées Bielaïa, Poperetschnaïa, Ossynowaïa, etc. Celles-ci sont constituées par des gabbros et gabbros-diorites, à l'Ouest desquels viennent les péridotites, diallagites et serpentines du Mont Solowieff. Ces péridotites sont suivies toujours à l'Ouest par une zone de gneiss syénitiques, qui fait place à des calcaires dévoniens développés dans le voisinage du lac de Wisymo-Schaïtansk. Les rivières platinifères principales sont en majorité

[1] Voir *Archives*, mars 1903, p. 287.

situées sur le versant occidental, et se nomment Martjan, Wisym et Sisym sur le versant européen, et Tschausch sur le versant asiatique. La rivière Martjan coule d'abord du Nord au Sud, et reçoit dans cette première partie de son cours de nombreux affluents droits qui tous proviennent du Mont Solowieff, à partir de son confluent avec la Warlamycha elle coule sensiblement vers le Sud-Ouest et se jette dans la rivière Schaïtanka. La rivière Wisym formée par la réunion de la Wisym avec la Souchoï-Wisym, prend sa sourceau Mont Solowieff, coule d'abord presque de l'Est à l'Ouest jusqu'en aval de Sacharowka, de là elle se dirige du Nord vers le Sud puis tourne vers le Sud-Ouest et se jette dans la Meshewaja-Utka. La rivière Sisym qui prend sa source au Sud-Ouest du Mont Solowieff, coule d'abord du Nord vers le Sud-, puis prend une direction moyenne qui est presque Est-Ouest et se jette dans le lac Schaïtansk. La rivière Tschausch enfin, prend sa source sur le flanc oriental de la ligne de partage au Nord-Est du Mont Solowieff, elle coule d'abord du Sud au Nord, puis de là au Nord-Est, elle appartient au système du fleuve Tagil.

La superficie occupée par la totalité des gisements dépasse 160 kilomètres carrés ; les sables platinifères se rencontrent sur toute la longueur du cours supérieur de la rivière Wisym, sur divers points du cours de la rivière Martjan principalement dans la partie orientée Nord-Sud ainsi que sur ses affluents latéraux droits ; sur la rivière Sisym de son embouchure à deux ou trois verstes en amont ; sur la rivière Tschauch enfin, dans la région des sources, puis en aval de son confluent avec la rivière Zotika. A l'exception de la rivière

Sisym, les cours d'eau platinifères sont riches dans les régions encaissées par les roches péridotiques, à



Carte géologique des gisements platinifères de Tagil, d'après le prof. Zaetzeff.

leur source ils ne sont souvent que de faibles ruisselets qui coulent sur d'anciennes alluvions parfois très puis-

santes. La disposition affectée par le stérile et le productif est très variable sur les différentes rivières, comme aussi sur une seule et même rivière en divers points de son cours ; nous citerons ici quelques exemples destinés à montrer ces variations.

N° 1.

Argile brun rougeâtre parfois bleue	= de 20 à 40 m.
Retschnik	= de 0.80 — 3.50 m.
Alluvion platinifère	= de 1 m. — 1.20 m.

N° 2.

Terre végétale et argile (tourf)	= de 2 à 14 m.
Alluvion platinifère	= 1.40 m.

N° 3.

Argile bleuâtre	= 1 m. environ.
Retschnik	= 2.10 m.
Alluvion platinifère	= 1 m. environ.

N° 4.

Terrain superficiel (tourf)	= 7 à 13 m.
Alluvion platinifère	= 1 à 1.10 m.

Le N° 1 = laverie Awrorinsky sur la rivière Martjan.

Le N° 2 = laverie sur la rivière Martjan près de Warlamicha.

Le N° 3 = laverie de Verkh-Josiphowsky.

Le N° 4 = laverie de Pawlowsky dans la partie supérieure de la rivière Tschauch.

On a travaillé aussi à Tagil les alluvions d'un certain nombre de vallées sèches situées sur les flancs du Mont Solowieff. Ces alluvions ont été parfois exceptionnellement riches en pépites. A Tagil, le nombre des laveries est actuellement de six, mais d'après les renseignements qui m'ont été donnés là-bas, une seule d'entre

elles, celle d'Awrorinsky, travaille en régie concurremment d'ailleurs avec des « starately ». Les autres laveries sont exclusivement travaillées par ces derniers, qui retraitent d'habitude d'anciennes alluvions très riches déjà lavées antérieurement. Ils y retrouvent paraît-il une quantité notable de platine; ainsi à Awrorinsky, la direction me disait que les résidus de sables qui titraient 7,5 gr. par tonne, abandonnés pendant cinq ans à la surface du sol et soumis ensuite à un lavage nouveau, donnaient en moyenne de 1,20 à 1,30 gr. par tonne, ce lavage pouvait être répété de nouveau à cinq ans d'intervalle. Pour expliquer ce phénomène on supposait que, par altération, les tailings mettaient en liberté du platine enfermé dans les roches du cailloutis; je ne pense pas que cette explication soit satisfaisante, et j'estime qu'il faut attribuer ce platine en grande partie à un lavage défectueux.

Tagil a été pendant longtemps le centre de production principal du platine; de 1825 à 1895, la production totale a été d'après M. Zaetzeff de 5514,5 pouds environ, soit à peu près 88 tonnes; la statistique de 1895 à 1899 me manque, mais de 1899 à 1902 la production a été de 5 tonnes environ. On voit donc que, depuis l'époque de leur découverte, les placers de Tagil ont livré à peu près 98 tonnes de platine.

II. *Les gisements des districts de Bissersk et Goroblagodat.*

Ceux-ci sont situés plus au Nord, et sont répartis exclusivement sur le versant oriental de l'Oural. Ils ont été étudiés d'une manière très détaillée par le prof.

Zaetzeff[1] auquel nous emprunterons en grande partie ce qui suit ; nous n'avons pas vu en effet les gisements en question, et les quelques données que nous possédons en dehors de celles puisées dans l'ouvrage du Prof. Zaetzeff, nous ont été communiquées par des collègues qui ont visité les placers de la rivière Iss, puis aussi par d'anciens directeurs de laveries.

Les deux rivières platinifères s'appellent Iss et Wyja ; elles possèdent de nombreux affluents latéraux dont les alluvions sont en partie productives, et se jettent dans la Toura laquelle est également platinifère mais à une faible distance en aval des confluents. La contrée qui forme le bassin de ces deux rivières présente les caractères généraux décrits dans la partie introductive ; le Katschkanar au Sud (886 m.), et le Mont Sarannaja au Nord-Est (656 m.) sont les points les plus élevés, situés, le premier sur le district de Bissersk, le second sur celui de Goroblagodat. Parmi les autres points culminants, on peut citer aussi la montagne Rebro au Nord-Ouest du Katschkanar.

Au point de vue géologique, le Katschkanar et le Sarannaja forment deux massifs de roches basiques (péridotites, serpentines, diallagites, gabbros à olivines), séparés par une large et puissante bande de gneiss à pyroxène qui finit vers l'Est dans le voisinage d'une ligne qui passerait par le confluent de la rivière Klioutschi dans l'Iss, et de la rivière Mokraja dans la Wyja. Un troisième petit massif de roche péridotique entouré par le gneiss à pyroxène, se trouve un peu à l'Ouest du Katschkanar et forme le Weressowksy-Bor.

[1] Prof. Zaetzeff, *loc. cit.*

Vers l'Est, les gneiss à pyroxène sont suivis d'une puissante zone de porphyrites, qui présentent des enclaves de calcaires dévoniens; la première commence a deux verstes en amont de l'embouchure de la rivière Iss, et suit le cours de celle-ci sur une quinzaine de kilomètres environ ; la seconde va de l'embouchure de la Wyja jusqu'à 6 à 8 kilomètres en amont ; sa largeur maxima est de 4 kilomètres.

La rivière Iss prend sa source sur la ligne de partage et coule tout d'abord à peu près du Nord vers le Sud, puis elle change rapidement de direction, et abstraction faite de ses nombreux méandres, elle coule en moyenne de l'Ouest vers l'Est. Sur le territoire de Bissersk, son orientation est à peu près Sud-Ouest Nord-Est, à la hauteur du Katschkanar elle coude brusquement et se dirige du Nord-Ouest vers le Sud-Est, dès ce moment son cours passe sur le district de Goroblagodat. En certains endroits, la rivière est encaissée entre des « Ouwals » assez élevés (laverie de Wosnessensky), la vallée subit de la sorte une série d'élargissements et de rétrécissements. A partir de l'embouchure des rivières Bélaja et Jourawlik, la vallée de l'Iss s'élargit définitivement, les arêtes s'écartent et diminuent de hauteur. Les principaux affluents se trouvent sur les deux rives et sont de l'amont vers l'aval sur la rive droite : la petite Sheelesenka, la Kossja, la Krioutchkowka, la Schoumicha, la Klioutschy, la Phedina, la Pestschenka, la Zemlianoï-Mostik, etc. ; sur la rive gauche la Prostokischenka, la grande et la petite Pokap, la Labaska, la Kroutenkaïa, la Gawrinka, l'Ossokina, la Kislaja, la Jourawlik, etc.

La rivière Wyja, comme l'Iss, prend sa source sur la

ligne de partage, un peu plus au Sud ; elle provient du district de Goroblagodat et coule en moyenne de l'Ouest vers l'Est. De sa source à l'embouchure de la Mokraja, le cours est dirigé Sud-Ouest Nord-Est, à partir de là il devient Nord-Ouest Sud-Est puis presque Est-Ouest dans le voisinage de l'embouchure. Les abords de la rivière Wyja sont très marécageux, ses affluents principaux sont sur la rive droite : la Rozalewka, la grande Medwiedka, la petite Medwiedka, etc. sur la rive gauche : la petite et la grande Goussewka, la Mokraja, la Balabanka et la Buschuewka. La disposition de l'alluvion platinifère sur les deux rivières principales et sur leurs affluents latéraux est également fort variable, la tourbe se rencontre ici fréquemment sous la terre végétale. Voici quelques profils extraits de l'ouvrage du Prof. Zaetzeff.

N° 1.

Tourbe	= 0.20 bis 0.35 m.
Argile brune	= 0.7 — 1.45 m.
Retschnik	= 0.7 — 1.45 m.
Alluvion platinifère	= 0.7 — 1.45 m.

N° 2.

Argile brune	= 0.7 — 1.5 m.
Retschnik	= 2.10 m.
Alluvion platinifère	= 1.50 m.

N° 3.

Argile jaune brunâtre	= 1.50 — 6.40 m.
Retschnik	= 1 — 1.20 m.
Alluvion platinifère	= 0.40 — 1.50 m.

N° 4.

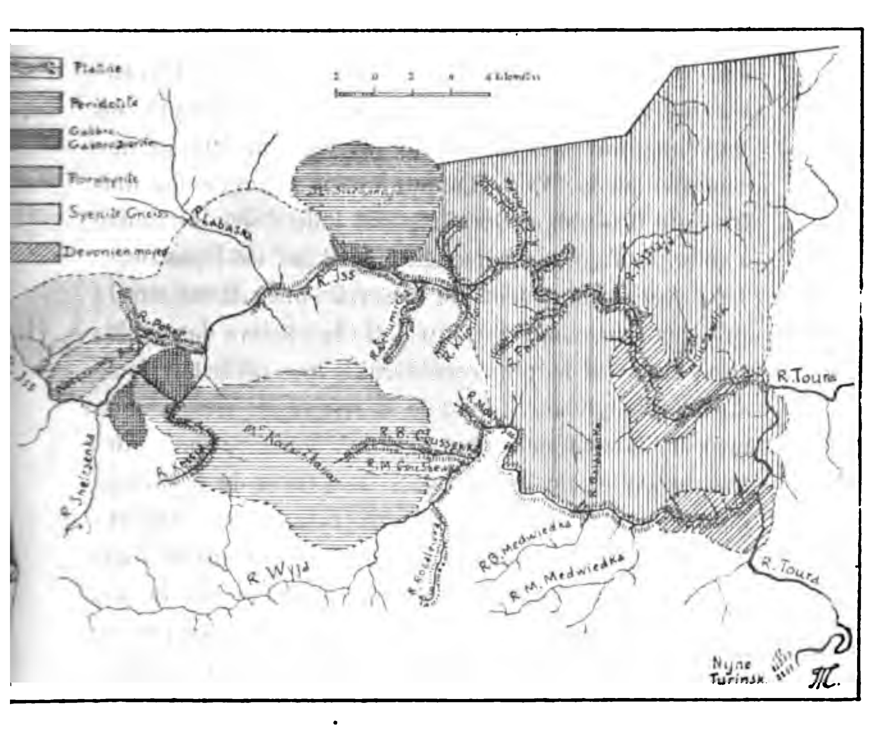
Tourbe	= 1.50 — 5 m.
Argile grise ou rougeâtre	= 0.35 — 0.55 m.
Retschnik	= 2.20 m.
Alluvion platinifère	= 1.20 — 1.50 m.

N° 5.

Tourf	=	1.30 m.
Retschnik	=	1.90 m.
Alluvion platinifère	=	1.80 m.

N° 6.

Argile brun rouge, bleue à la base	=	0.70.
Retschnik	=	0.70 — 1.50 m.
Alluvion platinifère argileuse...	=	1.50 — 2.40 m.



Carte des gisements platinifères des districts de Bissersk et Goroblagodat, d'après le prof. Zaetzeff.

N° 7.

Tourf	=	1.20 — 1.60 m.
Retschnik	=	0.70 — 1.60 m.
Alluvion platinifère	=	1.00 — 1.50 m.

N°s 1 et 2 = placers supérieurs et inférieurs de Oust-Kossinsky sur l'Iss. Le platine y est parfois couvert d'une couche d'ocre, pépites jusqu'à 4 gr.

N° 3 sur la rivière Iss en amont de Nijni-Issowskoï.

N° 4 placers de Labaska.

N° 5 placers Alexandrowsky sur la rivière Iss.

N° 6 laverie de Walerianowsky sur la rivière Wyja.

N° 7 placers de Poltawa sur la rivière Wyja.

Le nombre de points travaillés ou en travail sur l'Iss la Wyja et leurs affluents, sont considérables. Sur l'Iss, dans le district de Gloroblagodat, la rivière est travaillée sur la totalité de son cours, et l'on compte en moyenne une soixantaine de laveries sur l'Iss et une centaine sur la Wyja. La production annuelle des districts de Bissersk et Goroblagodat jadis bien inférieure à celle de Tagil, la dépasse aujourd'hui de beaucoup. Les laveries du district de Bissersk sont situées sur la propriété du comte Schouwaloff; la réserve des sables à exploiter est ici plus considérable que sur le territoire du Gloroblagodat, le long de la rivière Iss même. D'après M. Zaetzeff cela tient à ce qu'à l'origine, on a surtout travaillé sur les affluents de l'Iss et de la Kossja dont les sables étaient particulièrement riches. Aujourd'hui les grands centres d'exploitation se trouvent dans le district de Goroblagodat sur la rivière Iss et ses affluents principaux (rivière Pokap). On travaille en régie ou à la tâche, et il existe en outre de très nombreuses exploitations faites par les staratelý. Il convient de remarquer qu'ici comme à Tagil, la teneur moyenne des sables s'est considérablement abaissée. En 1887 on travaillait dans le district de Goroblagodat des sables dont la teneur moyenne était de 8 gr. environ par tonne, elle est aujourd'hui en moyenne inférieure à

2,8 gr. Dans le district de Bissersk, pendant la même période, le titre est tombé de 12 à 16 par tonne, à 3 gr.

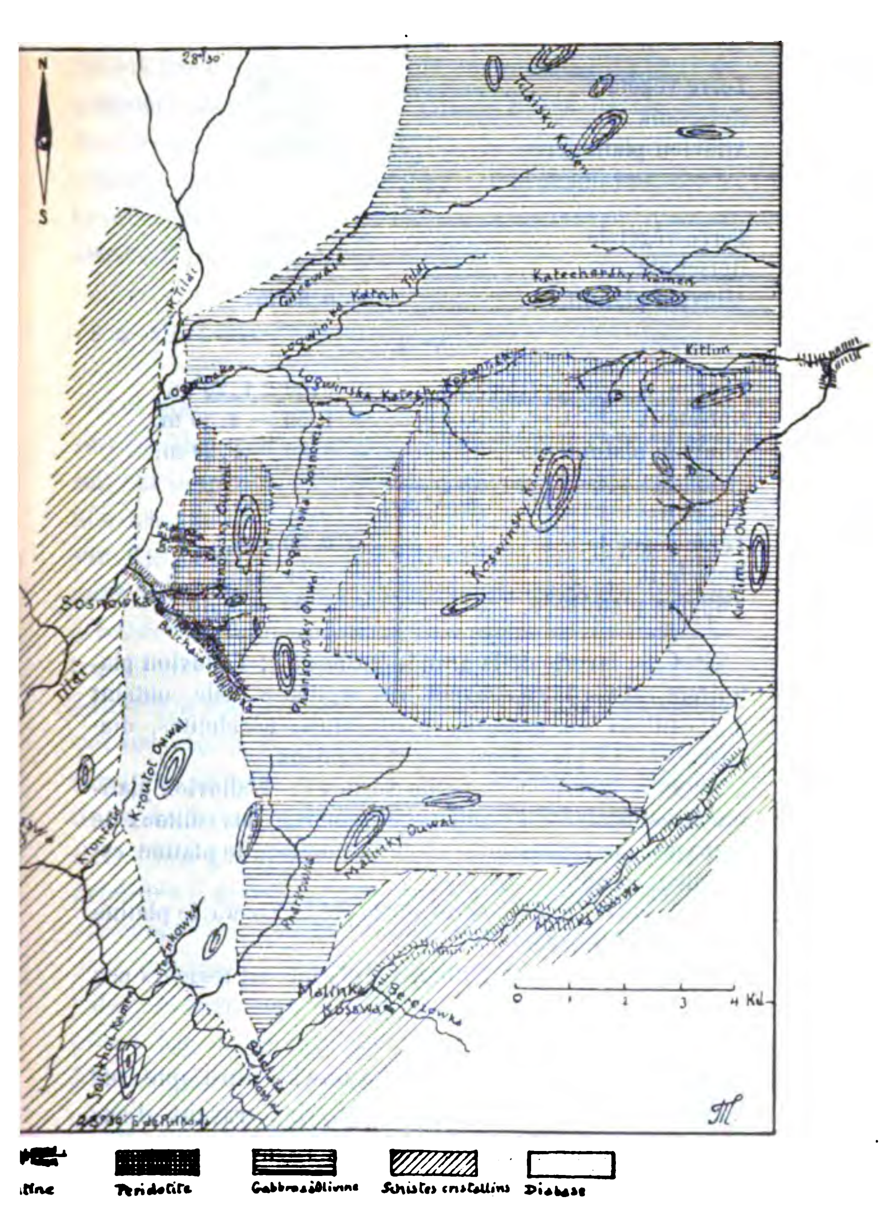
Sur la rivière Wyja les principales exploitations se trouvent sur la grande Goussewka, sur la Buschnewka, sur la Wyja elle-même près de son confluent avec la précédente, puis sur les affluents de la rive droite de celle-ci, au-dessous de la laverie de Wuskich ; on a travaillé jadis aussi sur la Mokraja.

III. *Les gisements platinifères qui dépendent du Kosvinsky.*

Ces gisemements sont situés plus au Nord que ceux dont il vient d'être question ; la montagne du Kosvinsky est assez élevée et atteint 1500 mètres environ ; elle forme en partie la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, et présente la disposition en môle isolé, visible de fort loin, muni sur son flanc occidental d'une série de contreforts constitués par des ouwals boisés appelés Malinky-ouwal, Pharkowsky-ouwal, et Sosnowsky-ouwal. Vers le Nord, une crête rocheuse étroite appelée Katéchersky, le sépare d'une longue chaîne du nom de Tilai ; vers l'Est une grande vallée boisée le sépare également d'une autre chaîne appelée Kalpak-Soukogorsky, située sur le district de Nicolaï-Pawdinsk. Au point de vue géologique, le Kosvinsky forme une boutonnière de péridotites à diallage et de péridotites, qui perce au milieu de gabbros variés (gabbros à olivine, gabbros ouralitisés, gabbros diorites), Ces mêmes péridotites et pyroxénites forment en partie la chaîne du Tilaï. Vers l'Ouest, les gabbros et pérido-

tites sont suivis par une zone continue de diabases, flanquéeelle-même par des schistes chloriteux variés. Les rivières platinifères qui descendent du Kosvinsky sont au nombre de quatre, trois sont situées sur le versant européen à savoir les deux Sosnowka et la petite Koswa; une coule sur le versant asiatique; la rivière Kitlim. La grande Sosnowka prend sa source sur un col situé entre deux arêtes dont celle de l'Est est le Pharkowsky-ouwal, elle coule en moyenne du Sud-Est vers le Nord-Ouest, la longueur totale de son cours est de 5 kilomé-mètres, elle reçoit plusieurs petits tributaires qui descendent du Sosnowsky-Ouwal et se jettent dans la rivière Tilaï. La petite Kosva prend sa source au flanc Sud-Est du Kosvinsky, son cours est beaucoup plus considérable (15 à 18 kilomètres) elle coule en moyenne du Nord-Est vers le Sud-Ouest et reçoit quelques petits affluents latéraux (notamment la rivière Berezowka sur la rive gauche). Toute la région du cours de la petite Koswa est très marécageuse. La petite Sosnowka descend du Sosnowsky-Ouwal lui-même, et coule presque de l'Est vers l'Ouest, son cours très réduit est de 1 à 2 kilomètres au plus. La rivière Kitlim enfin, formée de la réunion de plusieurs sources qui proviennent soit du flanc Est ou Nord-Est du Kosvinsky, soit de la vallée située entre cette montagne et le Katéchersky, coule à peu près de l'Ouest vers l'Est; la longueur de son cours est également assez considérable.

La disposition des différentes alluvions platinifères est là encore des plus variables; nous donnerons ici quelques profils destinés à en donner une idée.



Carte des gisements platinifères du Kosvinsky, par le prof. L. Duparc.

N° 1.

Terre végétale................	= 0.65 m.
Retschnik...................	= 0.60 m.
Alluvion platinifère...........	= 1.20 m.

N° 2.

Terre végétale	= 0.55 m.
Retschnik	= 0.90 m.
Alluvion platinifère...........	= 0.80 m.

N° 3.

Tourbe......................	= 0.80 à 1.20 m.
Retschnik	= 1.50 — 2.30 m.
Alluvion platinifère...........	= 0.80 — 1.20 m.

N° 4.

Terre végétale................	= 0.30 m.
Retschnik	= 5.00 m.
Alluvion platinifère...........	= 2.00 — 2.10.

N° 1 = laverie de la grande Sosnowka : l'alluvion platinifère est verdâtre souvent très argileuse. Elle contient des cailloux de gabbros, pyroxénites, péridotites, diabases, etc. Le platine est noir et anguleux.

N° 2 = laverie de la petite Sosnowka. L'alluvion platinifère est également argileuse et renferme des cailloux de diabases, de pyroxénites et de péridotites, le platine est anguleux et noir.

N° 3 = ancienne laverie sur la petite Koswa, le platine est blanc et très roulé.

N° 4 = laverie de Kitlim. Le platine est toujours peu roulé.

Sur la petite et la grande Sosnowka ainsi que sur l'affluent latéral de cette dernière, les travaux d'exploitation se font exclusivement en régie et aussi à la tâche ; le lavage est très simple et se fait à la main.

Les placers de la petite Koswa sont exclusivement travaillés par les starately qui ont complètement abîmé le gisement. Les placers de la rivière Kitlim ont été travaillés sur 2 kilomètres environ, le lavage est ici mécanique et la force motrice qui est hydraulique sert à la mise en mouvement de l'appareil de lavage, comme aussi à la traction des wagonnets.

§ 6. Méthodes d'extraction employées dans l'Oural.

Les gisements platinifères de l'Oural sont exploités soit par des ouvriers non salariés appelés « starately » soit par leurs propriétaires au concessionnaires respectifs. Les starately travaillent pour leur propre compte, sur des terrains qui leur ont été préalablement assignés par le propriétaire ; ils vendent ensuite leur platine à ce dernier moyennant un prix convenu. Ce mode de travail qui ne devrait s'appliquer qu'à des alluvions pauvres, a été parfois pratiqué sur des gisements riches qui ont été de la sorte complètement estropiés ; les starately, en effet, par suite de la facilité avec laquelle ils se déplacent, ne travaillent que les parties les plus riches des gisements. Leur manière d'opérer est très primitive : après quelques prospections préalables, ils attaquent l'alluvion par des tranchées ou par des puits, et la lavent sur des petits sluices très portatifs et généralement assez courts. Dès que la teneur s'abaisse, ils plient bagage et vont s'établir ailleurs. Ils travaillent d'habitude en société de trois ou quatre personnes, quelquefois davantage, actuellement on leur abandonne volontiers certains gisements trop pauvres pour permettre un autre traitement.

Les exploitations rationnelles se font en régie ou à la tâche. Le traitement des alluvions platinifères est fort simple ; la région qui doit entrer en exploitation immédiate est tout d'abord soigneusement prospectée par des batteries de puits disposées convenablement ; puis la teneur moyenne ayant été établie, on découvre alors l'alluvion productive sur une assez grande étendue en enlevant tout le stérile. Ce travail se fait généralement en hiver, soit parce qu'à cette saison la main d'œuvre est souvent meilleur marché, soit aussi parce que les communications sont plus faciles, ou encore parce que le sol étant gelé, l'eau incommode moins pendant le fonçage des puits de prospection. Dans certaines régions, la nature des alluvions a permis le travail à la drague, mais c'est là un fait plutôt rare, cet instrument a d'ailleurs quelquefois donné lieu à des insuccès. Lorsque l'épaisseur du stérile est trop considérable, on atteint l'alluvion productive par des puits emboisés, ou encore après avoir creusé une grande tranchée dans l'alluvion stérile et productive, on attaque cette dernière sous le stérile par des galeries appropriées (laverie de Kitlim par exemple). Dans l'Oural, on lave les sables platinifères pendant 4 à 5 mois de printemps et d'été, dans certaines localités le manque ou la diminution de l'eau pendant une partie de la belle saison réduit encore cette période d'activité. On travaille généralement nuit et jour, et selon les localités les équipes se rechangent toutes les 8 ou 12 heures. Les appareils employés pour le lavage des sables platinifères sont assez primitifs, le système adopté varie d'ailleurs avec la nature de l'alluvion, la durée probable du gisement, et la cherté de la main-d'œuvre. Souvent le lavage se fait entièrement

à la main, ce cas se présente surtout pour les petits gisements de courte durée, ou encore pour certains placers dont l'alluvion est relativement fine mais dont le traitement demande beaucoup d'eau. Le dispositif le plus simple consiste en un sluice qui mesure 10 à 12 mètres de long pour 0.80 de large environ, au haut duquel on précipite directement l'alluvion après triage du matériel trop gros par une grille. Cette alluvion est acheminée le long du sluice par une équipe d'ouvriers disposés de part et d'autre de celui-ci, et munis de pelles. L'alluvion en partie lavée, arrive sur une plaque d'acier horizontale percée de trous et disposée à l'extrémité du sluice; elle y est là soumise à un brassage final énergique au contact de l'eau. Cette eau surchargée de sable et de débris, passe par les trous de la plaque, et tombe sur un second scluice plus court placé immédiatement au-dessous, tandis que le cailloutis lavé est repoussé latéralement sur la plaque et chargé sur des wagonnets. Le sluice est nettoyé à la brosse toutes les 12 heures, le lavage final se fait sur un petit appareil *ad-hoc*. A Tagil on emploie un autre dispositif dit « sluice américain » qui donne à ce qu'il paraît un meilleur rendement. La disposition adoptée est ici en échelle; l'alluvion triée par une grille, circule tout d'abord dans un sluice long et étroit, muni sur le fond de 4 plaques d'acier percées de trous. Sous chacune de ces plaques on a disposé un petit sluice transversal, dont l'extrémité postérieure s'engage dans un dernier sluice également long et étroit, parallèle au premier, qui sert de canal de décharge. La sortie du cailloutis lavé se fait à l'extrémité du premier sluice, tandis que l'eau chargée de sable passe à travers les grilles, tombe

sur les sluices latéraux et sort par le canal de décharge après avoir abandonné son platine pendant le trajet.

Sur les grandes laveries (Awrorinsky par exemple), puis certaines laveries sur les rivières Iss et Wyja) on a adopté le lavage mécanique. Le type de l'appareil employé varie d'un lieu à un autre, mais il reste toujours banal. La force motrice est fournie soit par la vapeur (la tourbe quand elle forme une partie du stérile, est alors souvent employée comme moyen de chauffage), soit par l'eau après barrage préalable d'un ruisseau voisin. Le lavage mécanique et le lavage à la main peuvent exister d'ailleurs concurremment sur le même placer; c'est le cas par exemple pour la laverie d'Awrorinsky; là, d'aprés les renseignements qui m'ont été communiqués, le lavoir mécanique traite environ de 190 à 200 tonnes d'alluvion par 24 heures, les lavoirs à la main en ont traité de 200 à 250.

§ 7. Conditions économiques de la production.

Le prix de revient du platine est assez différent selon la localité considérée, les variations qu'il affecte se comprennent d'ailleurs par la multiplicité des conditions qui peuvent l'influencer. Tout d'abord certains gisement platinifères sont parfois très éloignés des centres habités, et les voies de communication sont rares ou mauvaises, ce qui rend les moyens de ravitaillement difficiles. Puis la population est clairsemée, les villages rares, et les habitants sont plus souvent chasseurs que travailleurs. La population ouvrière des laveries est en partie autochtone, mais en majorité importée de la Russie, notamment de la région de la Volga et de la Kama, voire même de la Sibérie. Les ouvriers viennent au printemps et repartent en automne, beaucoup se

fixent cependant sur les placers et y restent pendant plusieurs années; ces ouvriers sont indifféremment des russes, des tartares, ou encore des baschkirs, mais plus rarement cependant. Les administrations des différentes exploitations cherchent d'ailleurs à donner à la population ouvrière la plus grande fixité possible, elles ont créé des magasins de denrées et de produits divers, qui vendent presque à prix coûtant aux ouvriers, les aliments et les objets de première nécessité. Le bois est généralement gratuit, de sorte que l'ouvrier peut aisément et à peu de frais construire sa maison. Malgré cela sur les gisements éloignés, il est parfois difficile de trouver des travailleurs, et c'est là un obstacle avec lequel il faudra compter pour certaines exploitations. Le prix de la main d'œuvre varie, il est surtout fonction de l'éloignement et de la difficulté des communications, il est d'ailleurs différent en hiver et en été, généralement inférieur dans le premier cas. Le salaire habituel de l'ouvrier oscille entre 40 kopecks (1 fr. environ) et 1-1.20 rouble (fr. 2.65 à fr. 3.10). Ce dernier prix est payé seulement aux bons ouvriers notamment à ceux qui foncent les puits, et savent laver. Ces prix peuvent paraître exorbitants si on les compare aux salaires de certains baschkirs qui travaillent sur les placers aurifères de l'Oural du Sud, mais les conditions sont ici bien différentes; depuis quelques années d'ailleurs les salaires tendent à monter d'une façon continue. Souvent le travail est donné à la tâche, c'est généralement le cas pour les puits de prospection, et pour la découverte de l'alluvion productive pendant l'hiver. Les puits se paient à raison de leur profondeur suivant un tarif établi, progressif avec celle-ci ;

l'enlèvement du stérile se paye d'habitude à la sagène cubique (8 mètres cube environ).

Les plus grands écarts dans le prix de revient du platine peuvent se rencontrer et ceci sur un seul et même gisement. Ces écarts proviennent de la manière de travailler et de la façon de conduire le personnel. La conduite des ouvriers notamment n'est pas toujours facile et demande une profonde connaissance des coutumes du pays, ainsi que du caractère des gens. Ceci explique les nombreux insuccès éprouvés par des étrangers qui ignoraient ces coutumes, et qui pensaient qu'on pouvait appliquer à l'Oural la manière de faire habituelle aux pays occidentaux. Le prix de revient sur un même gisement, a souvent augmenté depuis l'époque de la première mise en exploitation. Ce fait s'explique non seulement par l'élévation du salaire, mais surtout parce que au début, on a généralement travaillé les parties les plus riches. Aujourd'hui, sur bon nombre d'exploitations, on traite des alluvions considérées jadis comme ne pouvant être rémunératrices, le prix actuel élevé du platine en est seul la cause. Je donnerai ici quelques chiffres destinés à montrer quel est le prix de revient du pouds de platine (16 kilogs) sur quelques placers.

A Tagil, le prix de revient du pouds de platine oscille entre 8.000 et 9.000 roubles; c'est là un prix moyen du travail à la tâche ou en régie. Sur la rivière Iss, les prix de revient sur les gisements appartenant au comte Schouwaloff oscillent entre 8.000 roubles pour le travail à tâcheron et 11.000 roubles pour celui en régie, sur ceux de la société française ils varient de 9.500 à 12.000 roubles. Sur les gisements des rivières Sosnowka Koswinsky, qui appartiennent au prince Abamelek-

Lazarew, le prix de revient a oscillé entre 6.500 et 7.500 roubles.

§ 8. Données statistiques et avenir.

Nous donnerons dans le tableau suivant la statistique de la production de l'Oural, des années 1879 à 1901 inclusivement, le chiffre pour 1902 n'étant pas encore définitivement connu.

Tableau de la production et des prix du platine de 1879 à 1901.

Le poud = 16.38 kilog. Le rouble = fr. 2.65.

Année.	Poids en pouds.	Prix du poud.	Total représenté en roubles.
1879	138	2.800	386.400
1880	179.75	3.000	539.250
1881	182.25	3.100	564.975
1882	249.25	3.400	847.450
1883	215.83	3.500	755.410
1884	215.60	4.000	516.400
1885	158.33	4.100	459.150
1886	263.50	4.200	1.076.700
1887	269.10	4.600	1.234.860
1888	165.90	5.500	912.450
1889	160.90	7.300	1.174.570
1890	173.65	12.000	2.083.800
1891	258.60	6.000	1.551.600
1892	279.15	6.000	1.674.900
1893	311.03	7.000	2.177.210
1894	300	7.200	2.160.000
1895	240	7.200	1.728.000
1896	300	8.900	2.670.000
1897	340	9.500	3.230.000
1898	365	9.800	3.577.000
1899	364	12.850	4.677.400
1900	311	15.000	4.665.000
1901	386	15.500	5.983.000

En 1901 le prix du platine est même arrivé à 16.500 roubles le poud.

Le tableau précédent montre que de 1879 à 1901, la production totale de l'Oural a été de 5826 pouds de platine en chiffre rond, soit 95 tonnes environ. La production n'a jamais été plus grande qu'en 1901 (sauf 1902 selon toute vraisemblance), et ce, bien que la teneur moyenne des alluvions soit considérablement inférieure à ce qu'elle était jadis. Cette production est d'ailleurs liée au prix du platine lequel à son tour dépend de la demande, or, les prix, abstraction faite de l'année 1900, ont monté d'une manière continue. De 1879 à 1899, le prix a augmenté de 270. 7 °/₀ de 1891 à 1901, cette augmentation a été de 258 °/₀. L'augmentation totale des années 1879 à 1901 comporte de 553,5 °/₀.

Le tableau qui suit, fait pour les années 1899 à 1901, montre la manière dont se répartit actuellement cette production ; nous y avons ajouté la production probable pour 1902.

Décomposition de la production totale de 1899 à 1902.

	1899 kil.	1900 kil.	1901 kil.	1902 (probable.) kil.
Compagnie française du platine (Iss, Wyja)...	1488.9	1135.05	2231.8	2604
Comte Schouwaloff (Iss)	1844.4	1512.53	1625.4	1605
Les héritiers Démidoff (Tagil)..............	1323.8	1251.6	1228.5	1310
Société par actions « le Platine »............	858.3	584.6	573.3	491
Prince Abamelek-Lazarew................	79.8	100.2	142.3	144
M. Treouchoff.........	80.54	134.8	—	—
Total de 29 petits propriétaires...........	284.9	468.9	—	—

Parmi les 29 propriétaires qui représentent 368.9 kil. deux ou trois seulement produisent de 1 à 2 pouds, la plupart extrayent moins d'un poud.

Ces chiffres montrent que la plus grande production se fait actuellement dans le district de Bissersk (comte Schouwaloff) et dans celui de Goroblagodat (société française) ; Tagil en effet, est en pleine décadence ; tandis qu'en 1901 la production de la société française et du comte Schouwaloff réunies représentaient le 61 $^0/_0$ du total, Tagil n'entrait dans celle-ci que pour le 19.3 $^0/_0$.

Ce qui a été dit du prix de revient du platine montre qu'avec les cours des années 1891 à 1895, la plupart des gisements de l'Oural ne seraient actuellement plus exploitables. En admettant par conséquent que la demande n'augmente pas, il n'est guère vraisemblable de voir revenir des prix inférieurs à ceux d'aujourd'hui, et il ne faut pas oublier que pour maintenir le taux de la production actuelle, vu l'appauvrissement graduel des alluvions, il faut mettre en travail des surfaces beaucoup plus considérables, ce qui fait toujours augmenter le prix de revient.

La durée des gisements de l'oural n'est d'ailleurs pas illimitée tant s'en faut ; plusieurs d'entre eux sont complètement épuisés ; d'autres le seront à bref délai, d'ici à trois ou quatre ans au plus ; et comme pour le moment, l'Oural fournit près de 95 $^0/_0$ du platine total livré annuellement à la consommation ; une diminution sensible dans sa production se ferait vivement sentir dans certaines industries pour lesquelles ce métal devient de plus en plus indispensable.

Genève, Laboratoire de minéralogie de l'Université.

Liste bibliographique des ouvrages relatifs aux gisements platinifères de l'Oural.

1826, Erdmann. Contribution à l'étude de la Russie, part. II, p. 182.

1828, Lubarsky. Le platine de l'Oural. *Mining Journal*, Londres. Vol. VIII, p. 158.

1828, Lubarsky. Mines de platine du district de Tagil. *Mining Journal*, vol. XI, p. 125.

1829, Engelhart. Les gisements d'or et de platine de l'Oural-Riga puis *Mining Journal*, part. III, vol. VII, p. 67.

1836, Sivkof. Description géognostique de certaines régions du district de Goroblagodat étudiées de 1834 à 1835. *Mining Journal*, London, part. III, vol. VIII, p. 225.

1837, Rose, G. Voyage dans l'Oural, p. 327, 335, 338, 341, etc.

1840, Koltowsky. Mines de platine dans le district de Goroblagodat. *Journal des mines*, 1840, part. I, p. 227.

1841, Helmersen. Voyage dans l'Oural et dans les steppes des Kirghises.

1842, Minchin. Analyses chimiques de différents spécimens de platine de l'Oural. Soc min. de St-Pétersbourg, part. II, p. 101.

1844, Leplay. Recherches géologiques dans l'Oural. *Comptes-Rendus*, vol. XIX, p. 853.

1846, Koltowsky. Les mines Demidoff dans le district de Nijni-Tagil.

1849, Murchison (Sir Rodrick). Géologie de la Russie d'Europe, part. II, p. 113 et 312.

1851, Tserrener. Géographie physique du gouvernement de Perm, Leipzig.

1860, Antipoff. Caractère et conditions présentes des mines de l'Oural. *Mining Journal*, London, part. I, p. 498.

1860, Cotta, B. Platine dans un bloc de serpentine jaune avec chromite. *Berg und Hütten Zeitung*, p. 495.

1866, Kokcharoff, N. Matériaux pour la minéralogie de la Russie, vol. V, p. 177.

1873, Tschoupine. Dictionnaire géographique et statistique du gouvernement de Perm.

1775, Daubrée, J. Association dans l'Oural du platine natif à des roches à base de péridot : relations d'origine qui réunit ce métal avec le fer chrômé. *Comptes-Rendus*, vol. LXXX, p. 707.

1878, Terreil. Nickel platinifère de Nijni-Tagil. *Comptes-Rendus*, vol. LXXXII, p. 1116.

1879, Jeremejew. Société minérale de Russie. St-Pétersbourg, vol. XIV, p. 155.

1888, Zaitzeff. Sur les gisements des minéraux de l'Oural. *Bulletin du comité géologique russe.* Vol: VII, p. 265.

1888, Krotow. Recherches géologiques sur le versant occidental de l'Oural, aux environs de Tscherdyn et Solikamsk. *Mémoires du comité géologique russe*, vol. VI.

1890, A. Krasnopolski. Recherches géologiques sur le versant occidental de l'Oural. *Mémoires du Comité géologique russe*, p. 177, vol XI.

1890, Laurent. Note sur l'industrie de l'or et du platine dans l'Oural. *Annales des mines*, p. 537. Eng. and. *Mining Journal*, vol. LIII, p. 430, 1892.

1890, Losch. Deux échantillons de platine natif de Bissersk. *Mémoires de la Société minéralogique de Russie*. St-Pétersbourg, vol. XXVII, p. 440.

1891, Belonsoff. Platine de l'Oural. *Mining Journal*, London, part. III, p. 323.

1892, Inostranzeff. Gisement primaire de platine dans l'Oural. *Mittheilung der Naturforschenden Gesellschaft*. St-Pétersbourg.

1892, Mouschketoff. Sur les gîtes primaires de platine dans l'Oural occidental. *Mémoires de la Société minéralogique de Russie.* IIme série, vol. XXIX, p. 229. *Zeitschrift für Krystallographie*, vol. XXIV, p. 505.

1892, Zaitzeff. Recherches géologiques dans le district de Nicolaï-Pawdinsk, etc. *Mémoires du Comité géol. russe*, vol. XIII, p. 97.

1892, Kunz, G. Rapport sur les industries minières. 10e *Congrès des Etats-Unis*, p. 341.

1893, Helmacker. Platine en gisements primaires. *Zeitschrift fur praktiche géologie*, p. 187.

1894, Meunier, S. Observations sur la constitution de la roche mère du platine. *Comptes-Rendus*, vol. CXVIII, p. 368.

1896, Bourdakoff, V. et Hendrikoff. Description des gisements de platine appartenant à Bourdakoff et fils. *Mémoires de la Société des naturalistes de l'Oural à Ekaterimbourg*, vol. XIV, p. 107.

1897, Louis, H. Les gisements et le traitement du platine en Russie. *The Mineral Industry*, vol. VI, p. 539.

1897, Stahl. L'or et le platine de Nicolaï-Pawdinsk. *Chemike Zeitung*, n° 40.

1898, Meunier. Etude sur la roche mère du platine de l'Oural. *Comptes-Rendus du VIIIe Congrès géologique international*, p. 157.

1898, Helmacker. Gites de platine des Monts Ourals. *Mining and Scientific Press*. San Francisco, 17 septembre.

1898, Zaetzeff. Les gisements platinifères de l'Oural. *Mémoires de l'Université de Tomsk*, vol. XIV, Publié aux frais de Bour. dakoff et fils.

1898, Beck, Les excursions du VIIe Congrès géologique dans l'Oural. *Zeitschrift fur prakt. géologie*, p. 24.

1898, Kunz. Un voyage en Russie et aux Monts Ourals. *Journal Franklin, Inst.*. p. 193 et 264.

1899, Purrington. Les gisements platinifères de la Toura Trans. Am. Inst. *Min. Eng*. Vol. XXIX, p. 3.

1902, Kemp, Relations géologiques et distribution du platine et des métaux qui l'accompagnent. *Bull. of th. U. S. Geol. Survey*.

1902, Duparc et Pearce. Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord. *Mém. de la Soc. de physique de Genève*.

LES

APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite[1].)

DEUXIÈME PARTIE

ÉTALONS DE LONGUEUR

CHAPITRE V

CONDITIONS QUE DOIVENT REMPLIR LES ÉTALONS DE DIVERS GENRES.

Etalons de laboratoire. — Les alliages à très faible dilatation semblent particulièrement appropriés à la confection des étalons de longueur, pour lesquels ils suppriment, ou tout au moins atténuent très fortement la cause la plus fréquente des erreurs des mesures.

Cependant leur usage n'est pas sans limites. Les variations de ces alliages dans le cours du temps, bien que très petites, sont encore trop considérables pour que, dans l'état actuel de la métrologie, il soit possible de les appliquer à la confection des *étalons de premier*

[1] Voir *Archives,* mars 1903, p. 249.

ordre. Dans ces derniers, le degré de stabilité doit être *illimité*, et tel, dans la pratique actuelle, que l'on soit assuré d'une permanence de l'ordre du dix-millionième de la longueur pour un intervalle de temps très étendu. C'est une permanence au moins de cet ordre qui semble avoir été atteinte dans les étalons de platine iridié, dont la constance ne pourra être vérifiée dans le cours des années que par des déterminations répétées, en fonction de ces étalons, de la longueur d'onde de quelques radiations particulièrement homogènes.

Mais, dans tous les cas où une permanence de l'ordre du micron est suffisante, ou toutes les fois que la longueur de l'étalon pourra être rapportée, à des intervalles de temps plus ou moins éloignés, à des étalons prototypes, l'inconvénient résultant de l'instabilité de l'alliage disparaît presque complètement.

Il reparaîtra seulement, dans une mesure plus ou moins gênante, lorsque les étalons devront être soumis à des températures relativement élevées, 50° par exemple, auquel cas les incertitudes pourront être de 3 ou 4 microns par mètre (voir p. 262); mais ce sont là des conditions très exceptionnelles.

Si les limites de stabilité qui viennent d'être indiquées peuvent paraître insuffisantes, on aura recours avantageusement à des alliages d'une teneur en nickel de 43 à 45 °/₀ qui possèdent, par rapport à d'autres métaux ou alliages usuels, l'avantage d'une dilatabilité encore faible, inférieure ou au plus égale à celle du platine, d'une grande résistance à l'oxydation, et de la possibilité de supporter des tracés parmi les plus beaux que l'on puisse réaliser.

En faisant abstraction des étalons fondamentaux,

pour lesquels un prix même très élevé n'intervient que comme un facteur secondaire, et dans lesquels toutes les conditions les plus parfaites de stabilité, de dureté, de résistance aux agents chimiques doivent être réunies, je crois qu'actuellement on ne pourra guère hésiter qu'entre des étalons de l'alliage le moins dilatable, ou de ce dernier alliage. Le choix de l'un ou de l'autre dépendra soit de la possibilité de mesurer assez exactement les températures, soit de vérifier de temps à autre la longueur de l'étalon, en supposant qu'une exactitude au moins égale au millionième soit nécessaire.

D'autres propriétés que la stabilité pourront conduire à préférer des alliages à haute teneur aux alliages les moins dilatables; une dilatation très faible n'est pas toujours, en effet, la meilleure des conditions auxquelles un étalon doive satisfaire. Dans bien des cas, une règle est destinée à un travail particulier, dans lequel elle est employée à déterminer des longueurs repérées sur un corps choisi pour certaines de ses propriétés. Si l'étalon et la pièce à mesurer possèdent des dilatabilités très voisines, une mesure précise de la température deviendra superflue, et on n'aura à s'occuper que d'assurer l'égalité de température entre les deux pièces, c'est-à-dire à les enfermer dans une enveloppe commune.

A diverses reprises dans ces dernières années, le problème s'est posé de déterminer les réseaux sur verre employés dans la mesure de la position des astres sur les clichés du catalogue et de la carte du ciel. Un alliage convenablement choisi, d'une teneur comprise entre 43 et 45 °/₀, possédant une dilatation voisine

de celle du verre, ne présentait plus alors que des avantages, et c'est en général à cette solution que se sont arrêtés, sur le préavis du Bureau international, les astronomes qui se sont occupés de cette question[1].

Dans le même ordre d'idées, on trouvera, dans la série des aciers au nickel, des dilatations égales à celles de la plupart des corps connus, à l'exception des métaux très dilatables, ou de certains cristaux (comme le béryl) possédant une dilatation fortement négative dans une direction déterminée.

La plus importante peut-être parmi les applications de cette nature qui puissent être faites, concerne les étalons en usage dans les ateliers, pour la détermination des dimensions de pièces d'acier. Ce métal étant très oxydable, les règles divisées qui en sont faites ne tardent pas à se détériorer et à être mises ainsi hors d'usage par un empâtement progressif des traits. Les alliages d'une teneur comprise entre 55 et 60 °/₀ de nickel possèdent des dilatations égales à celles de tous les aciers usuels, sans partager leur défaut de résistance à l'action de l'humidité.

Il est peu pratique, en revanche, de construire des étalons d'acier-nickel dont la dilatation soit supérieure à celle du nickel lui-même. Ces alliages n'existent que dans la région comprise entre 25 et 29 °/₀ de nickel; la plupart sont doués d'une instabilité assez grande, et leur binôme de dilatation est affecté d'un terme quadratique important, qui fait varier rapidement la dila-

[1] L'observatoire du Cap (dirigé par sir D. Gill) et celui de Leyde (M. Backhuysen) ainsi que le laboratoire de physique de Groningue (M. Haga) possèdent des étalons construits dans ce but et étudiés au Bureau international.

tabilité en fonction de la température. Enfin, comme la dilatation est aussi une fonction très sensible de la teneur, on ne peut réaliser que difficilement dans cette région des alliages à dilatation prescrite.

Pour toutes ces raisons, d'autres alliages de nickel tels que les bronzes blancs (nickel et cuivre), fourniront dans ce cas une solution plus avantageuse du problème [1].

Au maximum de la dilatation, cependant, c'est-à-dire pour un alliage à 25 °/₀ de nickel contenant des proportions de chrome et de carbone suffisantes pour empêcher la transformation irréversible, on retrouve à la fois une meilleure stabilité et une dépendance très limitée de la teneur; possédant une dilatation voisine de celle du laiton, cet alliage présente sur ce dernier l'avantage d'une beaucoup plus grande rigidité.

Les cas où il pourra être utilisé pour la construction d'étalons auxiliaires sont il est vrai très peu nombreux; j'en indiquerai, en revanche, un usage métrologique avantageux dans la quatrième partie de ce travail.

Etalons de dilatation. — Un étalon auxiliaire est nécessaire soit dans la détermination absolue, soit dans la mesure relative d'une dilatation.

Dans le premier cas, la règle étudiée et l'étalon auxiliaire sont placés dans deux auges différentes, et, tandis que le premier est porté, dans un bain liquide, à des températures diverses, le second est maintenu à une température aussi constante que possible.

Dans toutes les mesures de la dilatation par la mé-

[1] Ch.-Éd. Guillaume. Recherches sur le nickel et ses alliages, *Archives*, t. V, p. 255, 1898.



thode absolue faites jusqu'ici et où, dans les cas les plus favorables, l'étalon auxiliaire était en platine iridié, la mesure de la température de celui-ci était aussi importante en général que celle de la règle étudiée ; elle exigeait donc les mêmes précautions, à cela près toutefois que la deuxième auge étant généralement maintenue à une température peu éloignée de celle du laboratoire, la conserve plus facilement.

Or, grâce à la faible dilatation de l'invar on pourra, dans des cas analogues, tolérer des incertitudes beaucoup plus grandes qu'autrefois dans la mesure de la température de la deuxième auge ; et même, dans l'emploi d'un invar exceptionnellement réussi (voir p. 258 et fig. 3) en être presque complètement dispensé. Cette simplification est importante, car dans un travail aussi pénible que celui de la mesure d'une dilatation, la surveillance continue d'une deuxième auge impose à l'observateur un surcroît de fatigue avec lequel il faut compter.

Les changements de longueur qu'éprouve une règle d'invar bien étuvée, dans le temps de la mesure d'une dilatation, sont tout à fait inappréciables, et le seul inconvénient que peut présenter une telle règle résultera de son oxydabilité qui, quoique faible, pourra se manifester par une attaque du bord des traits après un séjour prolongé dans l'eau. Mais on peut éviter cet inconvénient par des incrustations de platine ou de nickel, ou simplement en laissant la règle dans l'air, enfermée dans une auge bien isolée.

Une règle d'invar ne conviendra qu'exceptionnellement comme étalon auxiliaire dans le cas d'une détermination relative, précisément parce qu'elle se trouve

à la limite extrême de la dilatation des corps étudiés jusqu'ici. Dans une telle détermination, il est en effet avantageux de réduire autant que possible les longueurs à mesurer, c'est-à-dire la différence, variable avec la température, des deux règles simultanément chauffées ou refroidies. L'idéal est donc de posséder une série graduée d'étalons de dilatation permettant d'associer toujours à la règle étudiée une barre de dilatation très voisine, ce qui dispense en outre d'une mesure très rigoureuse de la température. Mais c'est là une condition exceptionnelle, et un laboratoire qui ne pourrait posséder qu'un seul étalon de dilatation devrait le choisir à variation moyenne, c'est-à-dire, à défaut de platine iridié, en acier au nickel à haute teneur[1].

[1] Dans la détermination d'une dilatation relative à l'aide du dilatomètre de Fizeau, c'est le trépied qui est l'étalon de dilatation. Les principes qui viennent d'être formulés s'appliquent aussi à ces mesures, et il est certain, par exemple, que M. Tutton (*Proc. Roy. Soc.*, t. LXIII, p. 208, 1898) en compensant la dilatation du trépied de manière à l'annuler sensiblement, n'a apporté à la méthode qu'un perfectionnement illusoire.

La différence de dilatation entre l'échantillon étudié et le trépied est mesurée il est vrai avec une exactitude *relative* d'autant plus élevée qu'elle est plus grande ; mais il n'en est pas de même de la dilatation *absolue* de l'échantillon, qui est en définitive la quantité cherchée, et dont la différence par rapport à celle du trépied est d'autant plus facile à mesurer qu'elle est plus faible.

La compensation approximative de la dilatation du trépied ne dispense pas de la mesure du petit résidu non compensé; et, dans l'emploi pratique de l'instrument, on ne peut que perdre en précision à ce qu'un grand nombre de franges passent devant le repère.

La stabilité parfaite qui est exigée du trépied entraîne comme condition de construction le maximum possible de simplicité; Or un système compensateur ne peut que diminuer la stabilité par l'adjonction d'un certain nombre de joints d'autant plus dange-

Un étalon d'invar ne reprendrait tout son avantage dans ces mesures que pour déterminer de l'invar, opération fréquente aujourd'hui dans les laboratoires d'essais par le fait des demandes de plus en plus nombreuses d'étude des tiges de pendule. Les précautions à prendre au sujet de la température sont alors réduites à leur minimum, car il n'est nécessaire ni de connaître très exactement la valeur vraie de la température, ni de réaliser les conditions extrêmement parfaites de son égalité entre les deux règles, qui constituent l'une des grosses difficultés dans la comparaison d'étalons de moyenne ou forte dilatation.

Etalons géodésiques. — En aucun cas peut-être, les avantages qui résultent de l'emploi de l'invar pour la construction des étalons de longueur ne sont aussi sen-

reux qu'ils sont établis entre des métaux de dilatabilité très différente.

Pour quelques-unes des raisons indiquées ci-dessus, on se gardera tout aussi bien de construire un trépied en invar; en revanche, un acier-nickel à 43 ou 45 % conviendra bien à la construction d'un trépied destiné à des expériences faites à des températures dont la plus élevée restera assez éloignée de la région de transformation rapide de ces alliages, avec lesquels il semble dangereux, par exemple, de dépasser beaucoup 200°. Assurément un trépied en platine iridié, comme celui que M. Benoît a fait construire pour le Bureau international, ou en quartz comme celui de l'Institut physico-technique de Charlottenbourg, sont encore bien préférables, mais leur prix est incomparablement plus élevé. Dans ce dernier, le support du plan supérieur est constitué par un anneau de quartz évidé, de manière à le faire porter seulement par trois saillies. Ce dispositif semble irréprochable au point de vue métrologique. Cependant on peut craindre dans l'emploi de l'appareil quelques difficultés pratiques résultant de la nécessité qu'il impose de tailler les échantillons très exactement aux dimensions et avec l'inclinaison relative des faces opposées qu'exige la production de franges ni trop serrées ni trop étalées.

sibles que dans la géodésie. La difficulté de la mesure des températures sur le terrain a toujours été considérée comme le principal obstacle à l'exactitude de la détermination des bases, alors que, d'autre part, une faible instabilité d'une règle, dont on peut toujours déterminer la valeur avec précision au commencement et à la fin d'une campagne géodésique de quelques mois, n'introduirait dans les résultats aucune erreur appréciable, à la condition toutefois que cette instabilité se traduise par une variation continue en fonction du temps, et non par une série de sauts brusques.

Depuis un peu plus d'un siècle et jusqu'à nos jours, deux systèmes d'étalons se sont partagé tour à tour la faveur des géodésiens sans que l'on ait pu démontrer d'une façon bien certaine la supériorité de l'un des deux sur l'autre. L'un est le système monométallique, l'autre le système bimétallique imaginé par Borda et Lavoisier.

Les étalons monométalliques sont généralement en fer ou en acier, parfois d'une seule pièce, plus souvent, à tort d'ailleurs, constitués par deux lames réunies par des équerres et formant un T droit ou renversé.

Dans certaines mesures de bases, notamment aux Etats-Unis, ces étalons sont noyés dans de la glace râpée ; ils sont plus souvent accompagnés de thermomètres appliqués directement contre leur surface. Leur longueur normale est de 4 mètres, et, pour éviter des flexions gênantes, on leur donne une assez forte section, ce qui les rend peu maniables.

Les étalons bimétalliques, dont les plus parfaits ont été construits par les frères Brunner à Paris, se composent d'un support en fer dont la section est un T ren-

versé B (fig. 8) et qui est muni à sa partie supérieure d'une série de rouleaux sur lesquels reposent une règle de platine, ou de platine iridié P, et une règle de laiton L superposées et à une petite distance l'une de l'autre[1]. Près de chaque extrémité, la règle de platine est munie d'une fenêtre dans laquelle vient affleurer une pièce fixée à la règle de laiton et qui, portant une division en regard de celle qui est tracée sur la première, permet de déterminer à chaque instant la différence de

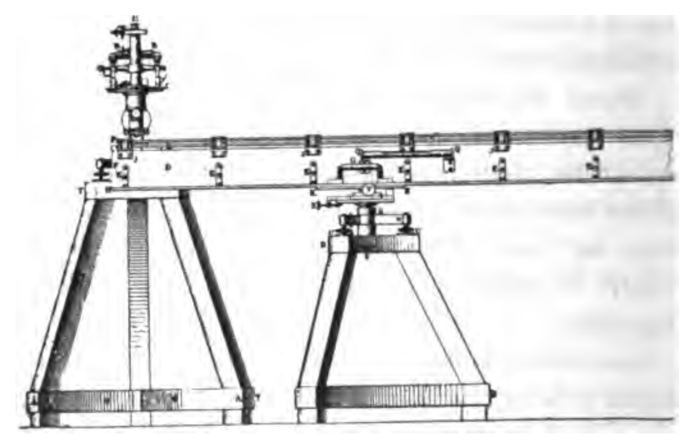


Fig. 8.

longueur des deux règles, d'où leur température supposée la même et, par conséquent, la longueur de la règle de platine qui s'en déduit immédiatement.

Ces étalons ont aussi 4 mètres de longueur, et pour éviter un poids exagéré comme aussi pour limiter la

[1] Dans les quatre règles construites sur les indications de Borda et Lavoisier et qui existent encore à l'Observatoire de Paris, les bandes peu épaisses de platine et de laiton constituant par leur ensemble chacun des étalons, sont directement superposées et portées par une forte poutre de bois.

dépense déjà considérable de platine, on donne une section assez faible aux deux règles.

Indépendamment de leur prix toujours très élevé, ces étalons présentent quelques défauts évidents. La différente disposition des règles de laiton et de platine dont l'une protége l'autre, rend souvent douteuse l'hypothèse d'une température égale sur laquelle repose tout le calcul des longueurs. Les étalons sont, de plus, exposés à tous les contacts maladroits, l'ensemble est lourd, et une attention soutenue d'un personnel très exercé peut seule mettre cet appareil compliqué et délicat à l'abri d'accidents susceptibles de modifier la longueur des règles. Les nombreux frottements sur les rouleaux dont les axes peuvent être bientôt durcis par la poussière, produisent aussi bien souvent des retards de dilatation aisément mesurables.

Ces étalons ont cependant donné dans plusieurs services géodésiques des résultats précis, mais au prix d'assez grosses difficultés.

La complication à laquelle on s'est résigné dans l'appareil principal de mesure des bases, son prix élevé, les précautions minutieuses qu'impose sa manœuvre, montrent mieux que tout raisonnement la difficulté attribuée par les géodésiens à la mesure des températures, et les sacrifices que l'on a cru nécessaire de s'imposer pour la rendre praticable.

Mesures par des fils tendus. — Dans ces dernières années, un nouveau système de mesure des bases a pris une grande extension. Imaginé par M. Jäderin, professeur à l'Ecole polytechnique de Stockholm, il consiste à substituer aux étalons rigides que l'on avait toujours jugé nécessaires, des fils tendus sous un effort

constant et auquel on attribue toujours la même longueur sauf la correction de température.

Les fils portent, à chaque extrémité, une réglette divisée sur le bord et que l'on amène au contact d'un repère constitué par une croisée de traits marqués à la partie supérieure d'un goujon de métal porté par un trépied. Lisant simultanément, à l'œil nu ou en s'aidant d'une loupe, la position de deux repères successifs par rapport aux divisions des réglettes correspondantes, on détermine la distance de ces repères.

Les avantages de ce système sont multiples. Le matériel est peu encombrant, peu coûteux, et les mesures sont rendues très rapides par le fait de la longueur relativement grande que l'on peut donner aux fils et de la précision moindre exigée à chaque portée. M. Jäderin a adopté comme longueur normale 24 mètres, multiple commode de la longueur des règles géodésiques, mais il utilise aussi, dans les terrains coupés par de fortes dépressions, des fils d'une longueur double, triple ou quadruple. Dans le système primitif, la tension est obtenue par des dynamomètres, que deux hommes amènent au point voulu en s'aidant d'un bâton appuyé contre le sol.

Le diamètre normal des fils est de 1^{mm},65 et la tension de 10 kg. Leur avantage par rapport à des rubans, est d'être beaucoup moins sensibles à l'action du vent, de telle sorte que les mesures ne sont pas rendues trop difficiles même par une brise fraîche.

Au moyen des fils, on détermine la position d'une série de repères alignés, dont le premier et le dernier marquent les termes de la base.

Jusqu'à ces derniers temps, M. Jäderin avait tou-

jours préconisé un système bimétallique mis en œuvre à l'aide de deux fils, respectivement en acier et en laiton, que l'on amenait successivement sur les repères de chaque portée. C'est aussi comme système bimétallique qu'il a été presque exclusivement employé au début par les géodésiens nombreux qui en ont fait usage.

A première vue, le système Jäderin inspire des craintes sérieuses soit pour la précision des mesures, soit pour la conservation de la longueur des fils, que l'on transporte enroulés et qu'on ne déroule que sur le

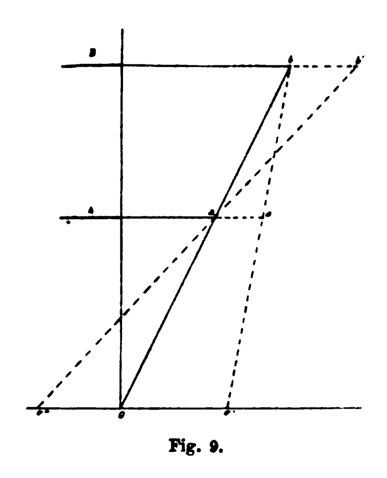


Fig. 9.

terrain. Nous verrons cependant que, sous sa forme actuelle, le système des fils donne des résultats beaucoup plus précis qu'on eût pu le supposer.

Erreurs des systèmes monométallique et bimétallique. — Il convient de dire encore quelques mots du principe même des mesures par des étalons bimétalliques qu'un diagramme très simple (fig. 9) fera comprendre immédiatement.

Prenons pour abscisses les longueurs, pour ordonnées les dilatations, et considérons deux étalons A et B ayant, à une certaine température de repère, le zéro vulgaire par exemple, une longueur identique. C'est à cette température que l'on ramène toujours, par le calcul, la longueur de l'étalon principal.

A une température différente de zéro, et supposée la même pour les deux étalons, ils atteindront des longueurs telles que leurs extrémités seront en *a* et *b*.

Pour connaître la longueur de l'étalon principal, déduite de la différence des abscisses de *a* et *b*, on supposera ces points réunis par une droite que l'on prolongera jusqu'à sa rencontre avec l'axe des abscisses. Si la température des étalons est la même et si leur différence de longueur a été mesurée sans erreur, la dilatation étant, pour simplifier, supposée uniforme, cette droite devra passer par l'origine, et l'abscisse vraie de *a* s'en déduira immédiatement, alors que l'expérience n'avait donné que la différence des abscisses de *a* et de *b*; on connaîtra ainsi la longueur de la règle qui devra être adoptée dans chaque portée pour le calcul de la base.

Mais supposons que nous ayons commis sur *a* ou sur *b* de petites erreurs indépendantes, Δa, Δb, amenant les points mesurés en a' et b'; alors l'extrapolation jusqu'à l'axe des abscisses donnera, sur l'estimation de la section de la base dans laquelle on se trouve, les erreurs Oo′ et Oo″, dont les valeurs sont

$$\Delta' s = \Delta a \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}, \qquad \Delta'' s = -\Delta b \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1},$$

α_1 et α_2 étant les coefficients de dilatation des deux étalons.

Si les étalons présentent entre eux un écart de température, il en résultera, sur la mesure, une erreur égale à $l \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_2 \quad \alpha_1} \Delta\theta$, l étant la longueur totale initiale des deux étalons.

Il est intéressant de déterminer les valeurs numériques que prennent, dans la pratique, les erreurs dont nous venons de trouver les expressions. Nous supposerons que l'étalon le plus dilatable soit en laiton, celui de tous les métaux employés en métrologie dont la dilatation est la plus forte, et nous poserons $\alpha_2 = 18.10^{-6}$, puis nous ferons varier α_1 à partir d'une valeur nulle. Nous tracerons alors deux courbes, A et B (fig. 10), qui représentent les valeurs relatives des erreurs résultant, pour la section mesurée de la base, d'une même erreur numérique, positive pour l'étalon A, négative pour B. Enfin, nous tracerons une troisième courbe θ, correspondant aux erreurs dues à la différence de température des deux règles.

Pour rendre cette dernière courbe directement comparable aux deux autres, il est nécessaire d'attribuer aux erreurs commises sur les longueurs et à l'écart des températures, des valeurs numériques déterminées. Nous adopterons, comme échelles des courbes, celles qui correspondent à des erreurs respectives de 1 millioniéme (ou de 4^μ pour des étalons de 4 mètres) et de 0,1 degré pour les températures. Ces erreurs sont sans doute à la limite de petitesse de ce qu'on peut espérer obtenir dans les conditions ordinaires des mesures de bases, et introduisent, dans le résultat final, des erreurs du même ordre de grandeur, dans les appareils bimétalliques employés jusqu'ici.

Les trois courbes débutent par une section presque horizontale, sur laquelle nous reviendrons dans un instant ; puis, à mesure qu'augmente la dilatabilité de

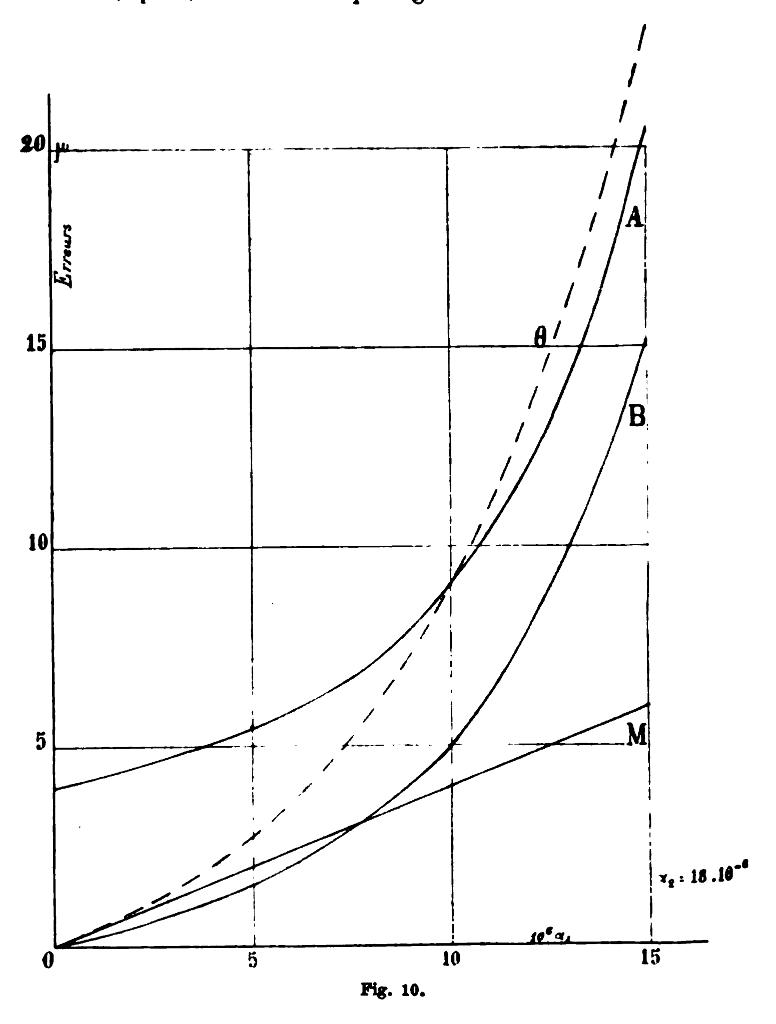


Fig. 10.

l'étalon principal, les erreurs augmentent de plus en plus rapidement, au point de devenir inadmissibles

dans un système qui serait composé, par exemple, d'une règle de laiton et d'une règle de nickel, pour laquelle α_1 serait égal à 12,6 millioniémes.

Les erreurs dues à la température s'élèvent plus rapidement; dans les hypothèses de notre calcul, elles dépassent immédiatement celles qui sont dues aux mesures de la règle fortement dilatable et atteignent, entre la dilatation du platine et celle du fer, les erreurs qu'entraînent les lectures de la règle principale. Dans la région du nickel, elles deviennent aussi inadmissibles.

Dans le système platine-laiton, les erreurs que nous avons supposées apporteraient, dans le résultat final de la mesure, des inexactitudes respectivement égales à $7^{\mu},6$, $3^{\mu},6$ et $6^{\mu},5$, soit de $17^{\mu},7$ si elles agissaient toutes dans le même sens. Dans le cas du nickel associé au laiton, les erreurs seraient de $13^{\mu},1$, $9^{\mu},1$ et $16^{\mu},4$, ou $38^{\mu},6$ pour les trois erreurs réunies.

On voit l'avantage très grand que présente, dans l'emploi du système bimétallique, l'abaissement de la dilatation de l'un des étalons jusqu'aux plus faibles valeurs possibles, et le gain considérable sur la valeur finale qui résulte d'une diminution même peu importante de ce coefficient dans la région de la dilatation des métaux usuels. On comprend, par conséquent, l'intérêt réel auquel Borda et Lavoisier ont sacrifié, lorsqu'ils ont constitué un système bimétallique platine-laiton, à une époque où le traitement du premier de ces métaux présentait des difficultés presque insurmontables.

Dans le système monométallique, les erreurs de mesure de la règle, qui n'interviennent plus pour fausser les conclusions concernant la température, se

reportent seules sur le résultat. Quant aux erreurs commises dans l'estimation de la température de la règle unique, elles sont simplement proportionnelles à sa dilatation. Dans le diagramme, et pour la même hypothèse d'une erreur d'un dixième de degré, elles sont représentées par la droite M.

Pour le platine et le nickel isolés, nous aurions, dans les mêmes hypothèses que précédemment, des erreurs finales égales à $4^{\mu} + 3^{\mu},4 = 7^{\mu},4$, et à $4^{\mu} + 5^{\mu},0 = 9^{\mu},0$, erreurs très inférieures à celles qu'entraîne le système bimétallique dans l'emploi des mêmes métaux.

La faveur que ce dernier avait conservée jusqu'à ces derniers temps parmi les géodésiens s'explique par des causes diverses. Pour une part, peut-être importante, elle doit être considérée comme un héritage d'une époque où le thermomètre à mercure était un instrument peu digne de confiance, et où son usage devait être prohibé partout où il était possible de lui substituer un autre système de mesure des températures. Pour le reste, il est intéressant de noter que les mesures comparatives modernes qui ont contribué à fortifier cette opinion, ont été faites avec des instruments qui ne pouvaient pas être considérés comme pratiquement équivalents, les appareils bi-métalliques employés dans ces mesures étant certainement d'une construction supérieure à celle des appareils monométalliques. Enfin, tandis qu'il était facile d'assurer un peu de protection aux deux lames constituant les appareils bimétalliques en usage, en les couvrant simplement, comme on l'a fait au Service géographique de l'armée française, d'un léger cadre de bois tendu de flanelle, il

était pour ainsi dire impossible de garantir d'une façon efficace la lourde et volumineuse règle de fer constituant l'étalon monométallique. Il en résulte que, si l'on pouvait admettre jusqu'à un certain point l'égalité de température des règles de platine et de laiton, cette égalité était beaucoup moins bien assurée entre la règle de fer et les thermomètres à mercure qui lui étaient accolés.

Ces quelques indications nous montrent que le jugement porté sur les mérites relatifs des appareils monométalliques et bimétalliques ne serait probablement pas sans appel, même si l'on restait limité aux seuls métaux connus encore récemment; une construction judicieuse de l'appareil monométallique, et, avant tout, une bonne protection au point de vue de la température, réformeraient peut-être les conclusions que les expériences datant déjà de quelques années ont conduit à formuler sur la précision dont il est susceptible.

Les alliages peu dilatables ayant apporté aux mesures un élément nouveau, il convient d'examiner les conditions d'emploi du système bimétallique tel qu'on pourrait le construire aujourd'hui.

Le diagramme nous montre tout d'abord que l'erreur finale du résultat est presque rigoureusement égale à celle que l'on commet sur le pointé de la règle peu dilatable, alors que l'erreur de la règle fortement dilatable disparaît à peu près complètement, aussi longtemps que la dilatation de l'étalon principal reste voisine de celle de l'invar de qualité moyenne. Il en est de même de l'erreur due à l'inégalité de température des deux règles. Si donc on se proposait de conserver le système bimétallique tout en lui appliquant un des

nouveaux alliages, on tirerait probablement de ce système le maximum de précision auquel il puisse prétendre[1]. Mais il ne faut pas oublier que le système bimétallique présente de multiples inconvénients, surtout en raison de la complication, du poids des étalons et de la délicatesse du réglage, ainsi que des précautions particulières que nécessite la manipulation des appareils.

Malgré la supériorité considérable que présenterait l'emploi des nouveaux alliages dans un système bimétallique copié sur les anciens, on se gardera d'y recourir s'il est admis que les températures peuvent être déterminées avec une précision suffisante pour que leur incertitude n'introduise pas, dans le résultat final, une erreur sensible s'ajoutant à celle du pointé. Or, supposons, comme précédemment, que cette dernière erreur soit de l'ordre du millionième pour chaque portée; pour que l'erreur de température lui devienne comparable, il faut qu'elle atteigne un demi-degré pour une règle d'invar de qualité très médiocre et un degré pour une règle d'un invar particulièrement bien réussi[2]. Si donc on arrive à un aménagement des étalons mono-

[1] Ainsi, pour $a_1 = 1.10^{-6}$, les trois erreurs caractérisées précédemment sont : $4^{\mu},2$, $0^{\mu},2$ et $0^{\mu},4$; l'erreur commise sur l'étalon principal n'est donc augmentée que de $^1/_5$ de sa valeur par l'addition des trois erreurs, tandis que, dans l'association platine-laiton, elle est plus que quadruplée dans les mêmes conditions.

[2] Je ne parle pas ici des plus faibles dilatabilités réalisées, si voisines de zéro, que les mesures les plus délicates permettent à peine de les mettre en évidence. De tels résultats ont été obtenus seulement sur de petites quantités d'alliages et non point sur de fortes barres telles qu'elles sont employées dans les règles géodésiques robustes.

métalliques, tel que, dans les conditions ordinaires du travail en plein air, on soit certain de pouvoir déterminer leur température avec une approximation d'un demi-degré, le dernier avantage que l'étalon bimétallique paraissait posséder encore sur la règle unique sera largement dépassé par celle-ci, et le système bimétallique sera définitivement condamné. C'est donc sur l'étalon monométallique que nous allons maintenant concentrer toute notre attention.

Conditions que doit remplir un étalon monométallique. — Il nous reste à étudier les conditions auxquelles devra satisfaire un étalon monométallique pour permettre d'atteindre toute la précision dont les mesures géodésiques sont actuellement susceptibles.

Un étalon géodésique, dont les flexions ne pourront en aucun cas dépasser une limite assez basse sans qu'il cesse d'être facilement maniable, devra être construit de telle sorte que la matière y soit répartie le mieux possible au point de vue de la rigidité. S'il est tracé sur le plan des fibres neutres, la distance de ses traits limitatifs deviendra, entre certaines limites, indépendante de son mode de support, et des petites flexions fortuites auxquelles il pourrait être exposé[1];

[1] Il convient de se rendre un compte bien exact des causes de variation de la distance des traits terminaux d'un étalon par le fait des flexions dues à l'action de la pesanteur.

D'une part, chaque section normale de la règle effectue, dans la règle fléchie par la pesanteur, une rotation d'un petit angle autour d'une droite horizontale passant par le centre de gravité de la section, à l'exception toutefois d'un nombre fini de sections, dépendant du nombre et de la position des points de support; lorsque la règle est placée sur deux supports, les sections droites verticales sont, au maximum, au nombre de trois. Si la règle

en particulier, il sera indifférent de s'en servir chargé ou non de son niveau, et si, par hasard, il subissait, dans la mesure, un contact accidentel, sa longueur ne serait pas sensiblement modifiée.

Les conditions relatives à la température imposent l'obligation d'envelopper complétement la règle. En même temps, elle sera mise à l'abri de la poussière,

possède une section uniforme, et si les rouleaux sont placés symétriquement par rapport à son centre, la section centrale est verticale, ainsi que deux autres sections situées en dehors de l'intervalle des rouleaux, si la règle se prolonge suffisamment vers l'extérieur. Ces deux dernières sections droites étant parallèles, la fibre qui réunit deux de leurs points homologues n'est pas déformée, et leur distance, *comptée sur cette fibre*, est la même que si la règle n'était soumise à aucun effort fléchissant. Pour toute autre section, cette distance varie avec la distance au plan neutre.

D'autre part, la projection sur l'horizontale de la portion de la fibre neutre joignant les deux sections considérées produit nécessairement un raccourcissement apparent de la règle, dépendant des angles que ses divers éléments forment avec l'horizontale. Ce raccourcissement est inévitable, mais le calcul montre qu'il est absolument inappréciable avec les règles courtes de forte section. En revanche, lorsqu'un étalon possède une longueur un peu grande, avec une section pratiquement admissible, le raccourcissement apparent peut devenir considérable si les points de support s'éloignent sensiblement des points de flexion minima.

Les variations de longueur dues à ces deux causes distinctes suivent une allure bien différente. Pour deux points situés par exemple au-dessus de l'axe neutre, la distance comptée le long de cet axe curviligne, va constamment en diminuant lorsque les supports s'éloignent. Au contraire, la projection horizontale de cette dernière distance passe par un maximum pour une position des supports telles que la flexion soit minima. Pour une règle tracée dans le plan des fibres neutres, on pourra déplacer sans inconvénient les supports d'une petite quantité autour de ces points. On devra, en pratique, se tenir d'autant plus près de ces derniers que la règle sera plus longue.

dont l'enlèvement oblige à de fréquents nettoyages des surfaces, et expose au danger permanent d'abîmer les traits de repère. Enfin, cette enveloppe protégera la règle d'un contact maladroit, de la malveillance, avec laquelle il faut parfois compter, ou de la simple curiosité, dont les effets sont quelquefois aussi désastreux.

Entre la règle et son enveloppe, la matière devra être judicieusement répartie. Au sujet de cette répartition, deux opinions opposées sont encore en présence. Suivant la première, qui est surtout celle de quelques mécaniciens, la meilleure solution consiste à donner au support-enveloppe toute la rigidité possible, et à poser la règle sur une série de rouleaux nivelés. La plupart des métrologistes pensent, au contraire, qu'il convient de donner à l'étalon la plus grande liberté possible, en le portant par deux points seulement, auxquels aucune des délicates conditions de réglage du premier système ne sera imposée, et sur lesquels l'étalon prendra sa position normale, sans aucune contrainte. On sera conduit assurément à alourdir considérablement l'étalon, mais tout le poids que l'on s'impose de ce côté est amplement gagné par l'allégement qui en résulte sur l'enveloppe. A celle-ci, on n'imposera qu'une rigidité suffisante pour l'empêcher de venir en contact avec la règle, c'est-à-dire que, au lieu d'être conduit à exiger, pour une série de ses points, un alignement exact au-dessous du dixième de millimètre, on pourra admettre des flexions dépassant deux à trois millimètres.

Dans le premier cas, le support fait partie de l'étalon, et en est inséparable; l'*étalon n'est défini que sur son support nivelé*, et, si on l'en isole, il cesse de

représenter avec précision la longueur qui lui est attribuée. Dans le second, au contraire, l'étalon est complet par lui-même ; il peut être enlevé de son support, et placé seul dans un comparateur pour sa mesure ; il peut aussi au besoin être séparé de son enveloppe métallique, et garanti seulement par un emballage léger si, comme cela peut se produire en campagne, on a quelque passage difficile à lui faire franchir avant d'arriver sur le terrain de la base, et si l'on est obligé d'alléger les charges des porteurs.

C'est de cette série de considérations que les constructeurs auront à tenir compte dans l'établissement de tout nouvel étalon géodésique, au moins aussi longtemps que les méthodes actuelles de mesure des bases seront employées.

CHAPITRE VI

Description d'un nouvel étalon géodésique.

Les recherches sur les étalons destinés à la mesure des bases, commencées au Bureau international des Poids et Mesures en 1884, ont été poursuivies, par intermittences, depuis cette époque, suivant les besoins des services géodésiques des divers Etats, mais sans avoir jamais été complètement perdues de vue. Dirigées par M. Benoît, qui a bien voulu m'y associer dès le début, elles nous ont conduits à rassembler peu à peu des documents nombreux sur les mérites respectifs des divers systèmes, et à nous former une idée assez nette des conditions que doit remplir en pratique un étalon géodésique. Nous avions consigné déjà, dans quelques

notes restées inédites, les avant-projets élaborés en tenant compte de nos expériences, lorsque, d'une part, la découverte des alliages peu dilatables vint donner à nos préoccupations une tournure nouvelle, tandis que, d'autre part, M. le général Bassot, directeur du Service géographique de l'Armée française, en nous confiant la mission de faire construire, pour son Service, un étalon conforme à nos projets, vint en précipiter l'exécution. Pour cette construction, M. le général Bassot nous laissa la plus entière liberté, insistant seulement sur les conditions de légèreté auxquelles devait satisfaire l'étalon, en raison des grands travaux en projet, et notamment de la mesure de l'arc de méridien dans la République de l'Équateur, en même temps que des bases algériennes. Ce premier étalon a pu être présenté à la troisième Conférence générale des Poids et Mesures en octobre 1901, et a provoqué la demande de plusieurs autres étalons, dont trois viennent d'être achevés pour le Mexique, le Japon et la Russie.

Tous ces étalons ont été établis par la coopération de la Société de Commentry-Fourchambault, qui a fourni les barres ébauchées, et de la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, à laquelle a été confié leur achèvement, ainsi que la confection de leurs accessoires. Je vais donner une description rapide de ces étalons, qui sont construits sur le même modèle, et qui sont en invar, à l'exception de celui du Japon, pour lequel lacondition de stabilité a été préférée à une très faible dilatation, et qui a été fait avec un alliage de 43 °/₀ de nickel.

Le programme imposé à notre projet est celui dont

je viens de donner l'esquisse; il me reste à dire comment il a été mis à exécution[1].

La règle est en invar, à section en H, dont les cotes sont indiquées à la figure 11. Ses constantes sont les suivantes :

Aire de la section	799 mm^2
Moment d'inertie vertical	110513 mm^4
» horizontal	123283 »
Masse totale, pour la densité 8,1 et pour 405 cm.	26,2 kg.
Flèche minima.	0,63 mm.

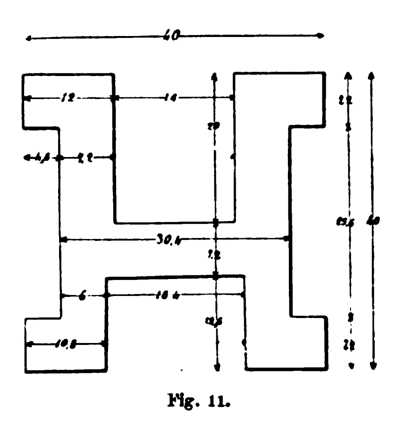


Fig. 11.

Cette flèche se rapporte à une règle dont le module d'élasticité possède la valeur relativement faible de 15 tonnes : mm^2.

La règle est enfermée dans une caisse en alliage d'aluminium, dont le couvercle est vissé et assujetti par des serrures. Elle est soutenue, sur le fond de la

[1] Voir J.-René Benoît et Ch.-Éd. Guillaume. Nouveaux appareils pour la mesure des bases géodésiques (*Travaux et Mémoires du Bureau international*, t. XII).

boîte, par deux points, l'un constitué par un rouleau, l'autre formé d'une pièce en dos d'âne, sur laquelle l'étalon repose par deux pieds qui lui sont fixés. De la sorte, même si, par suite d'un mauvais calage, la boîte était tordue autour de son axe longitudinal, la règle reposerait toujours sur deux droites parallèles sans efforts de torsion.

Pour réduire au minimum l'effort que la boîte supporte, elle est munie de semelles et de poignées au niveau des points par lesquels elle soutient l'étalon. Dans les mesures, elle repose sur ses semelles; pour les transports sur la base, elle est suspendue aux poignées. Dans tous les cas, le seul effort qu'elle ait à supporter est celui qui résulte de son propre poids, sans réaction aucune de l'étalon.

Aux extrémités, la boîte peut s'ouvrir par le rabattement d'une petite portion du couvercle, assujettie, au repos, par une serrure. Le couvercle porte aussi, de mètre en mètre, des ouvertures fermées par des guichets, puis des fentes couvertes par des glaces pour la lecture des thermomètres, enfin deux fentes transversales pour l'introduction des pieds du niveau, qui reposent directement sur l'étalon.

Les thermomètres sont descendus le plus bas possible dans le creux de la règle. Le réservoir est enfermé dans un bloc d'aluminium remplissant presque complètement la cavité supérieure, sur une longueur de 5 cm environ; les lectures de la température sont faites à l'aide de loupes fixées au couvercle.

Le tracé de la règle, pratiqué sur le plan des fibres neutres, se compose d'un seul trait pour chaque mètre intermédiaire, tandis que les mètres extrêmes sont

marqués par onze traits, formant tous les dixièmes du premier millimètre, et d'un autre millimètre faisant suite à la longueur de 4 mètres; en d'autres termes, le trait 0 et le trait 4 sont suivis chacun de dix traits espacés d'un dixième de millimètre.

Cette disposition a pour but de simplifier l'usage de la règle en campagne, où deux systèmes de lecture de la position du trait extrême ont été tour à tour employés jusqu'ici. Dans l'un de ces systèmes, on amène la règle au voisinage du point qu'elle doit occuper dans le microscope d'arrière, et on place le microscope d'avant de telle sorte que le trait de repère soit au voisinage du milieu du champ. On détermine ensuite, aux deux extrémités, les positions exactes des traits à l'aide du micromètre. Dans l'autre système, on amène la règle, par l'arrière, à un repère fixe, marqué dans le champ du microscope par un fil; puis on règle la position du microscope placé à l'avant en repérant son fil fixe sur le deuxième trait terminal de la règle. Ce système de lectures ne s'applique naturellement qu'à l'étalon monométallique, puisque la détermination au moyen de l'étalon bimétallique exige la mesure de la position de deux traits à chaque extrémité.

Chacun de ces deux systèmes de lecture présente des avantages et des inconvénients. Le premier exige que l'on touche, pendant les mesures, au micromètre porté par le microscope, qui constitue, à un moment donné, le seul repère fixe que l'on possède; et comme, dans des installations volantes, la stabilité de celui-ci n'est pas très grande, on peut craindre qu'il en résulte des déplacements dans des limites appréciables. Les lectures au micromètre sont, de plus, toujours assez lon-

gues, et nécessitent l'écriture de chiffres nombreux, ce qui augmente les chances d'erreurs.

Le second système est simple et rapide ; mais comme la coïncidence est obtenue seulement par le déplacement micrométrique d'un appareil très lourd, il est difficile de la rendre parfaite, et surtout d'assurer à l'ensemble une bonne assise après le mouvement que l'on vient de faire subir à la règle ou au microscope, et qui peut être fréquemment suivi soit d'un retour en arrière, soit d'un mouvement supplémentaire du dernier déplacement.

Nous avons donc pensé que, si l'on pouvait unir la simplicité de la coïncidence à la sûreté du pointé micrométrique, on pourrait gagner en rapidité et en précision dans les mesures sur le terrain. Le système que nous avons adopté consiste à déterminer, par la simple estimation, la position du fil de repère du microscope par rapport à la division en dixièmes de millimètre portée par la règle. Une expérience très longue a enseigné qu'un observateur habile, muni de bons instruments, arrive à fractionner un intervalle de grandeur convenable, par simple estimation, avec une précision telle que l'erreur *moyenne* du pointé est de l'ordre du cinquantième ou même du centième de l'intervalle, et que les erreurs maxima ne dépassent que très exceptionnellement le trentième.

Si même, en mettant tout au pire, on considérait cette dernière erreur comme une moyenne et non comme un maximum, on la reconnaîtrait encore comme peu dangereuse, puisque, dans chaque portée, elle serait de l'ordre des plus petites erreurs commises dans les triangulations. Mais de telles erreurs de lec-

ture sont fortuites, et, dans une série d'opérations semblables, s'additionnent seulement par la loi des racines carrées. Donc, au bout de 100 portées, comprenant 200 lectures, l'erreur totale serait probablement égale à 14 ou 15 fois l'erreur moyenne d'un pointé, c'est-à-dire qu'elle serait de l'ordre de $1/20$ de millimètre, ou de $1/8000000$ en valeur relative, quantité absolument négligeable.

Le calcul estimatif qui précède suppose qu'aucune erreur constante n'a été commise dans la suite des portées, c'est-à-dire que l'équation personnelle des observateurs est nulle; on ramènera les mesures à cette condition par l'échange périodique des observateurs, au bout d'un nombre déterminé de portées. Dans cet échange, il est essentiel, pour éviter les erreurs d'écriture, que les habitudes des observateurs ne soient pas modifiées; c'est la raison essentielle pour laquelle nous avons adopté, pour les deux divisions, une disposition identique.

(*A suivre.*)



SUR UN

INTERRUPTEUR DE COURANT PAR INDUCTION

PAR

Kr. BIRKELAND

NOTE PRÉLIMINAIRE

Le moyen habituellement employé pour supprimer un courant consiste à couper le circuit. Cette rupture est accompagnée d'une étincelle plus ou moins violente suivant l'intensité et la tension du courant interrompu. On peut y remédier de diverses façons en permettant au courant, au moment de sa rupture, de traverser des résistances non inductives de plus en plus grandes.

La méthode la plus simple pour éviter la détérioration des interrupteurs doit être, en théorie, de subdiviser le courant et d'opérer simultanément la rupture des diverses fractions. Le conducteur principal sera divisé, par exemple, en *m* branches disposées en génératrices équidistantes sur un cylindre; chaque branche possédant *n* interrupteurs semblables, soit au total, *mn* interrupteurs, tous fonctionnant simultanément.

Pratiquement, cette simultanéité est impossible à obtenir; le courant rompu dans une branche ira augmenter celui des autres et il pourra arriver que tout le

courant finisse par passer dans une seule branche, ce qui annule l'effet de la subdivision.

Pour y remédier, Elihu Thomson ajoute à chaque branche une bobine de self-induction considérable.

L'auteur a trouvé une méthode pour couper brusquement un courant de *m* ampères et *n* volts avec un nombre d'interrupteurs plus petit que *mn* si on doit avoir à chaque coupure 1 volt et 1 ampère.

Il introduit pour cela dans le circuit un système fortement inductif produisant une force contre électromotrice très supérieure à celle du courant principal supposée de *n* volts. Il est même possible d'amener cette force électromotrice à une valeur telle, qu'elle pourra annuler le courant principal au moment de sa rupture.

Soit *i* le courant (en ampères) à rompre, E la force contre électromotrice et *t* le temps pendant lequel elle peut agir, on aura dans ce cas

$$i = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-kt}\right) k = 10^9 \frac{R}{L}$$

R étant la résistance, L le coefficient de self-induction du circuit.

On peut imaginer plusieurs dispositions qui permettent d'obtenir le résultat voulu.

Le système inducteur peut consister par exemple en une bobine creuse C de grande dimension placée à côté d'un large noyau de fer I. Ce noyau peut être entouré de quelques tours de fil juste suffisants pour l'aimanter à l'aide d'un courant convenable; mais ce n'est pas toujours nécessaire.

Le noyau est disposé de façon à pouvoir glisser le long de la barre AB lorsqu'il est attiré par la bobine C.

En temps ordinaire le courant principal de *m* ampères et *n* volts, passe dans la dérivation *a b d e* qui est pratiquement sans résistance.

Au moment de la rupture, le conducteur principal est coupé en *b*, de manière que tout le courant est forcé de passer dans la bobine que l'on suppose avoir une faible résistance par rapport à celle du reste du circuit. Le noyau I se précipite dans la bobine, produi-

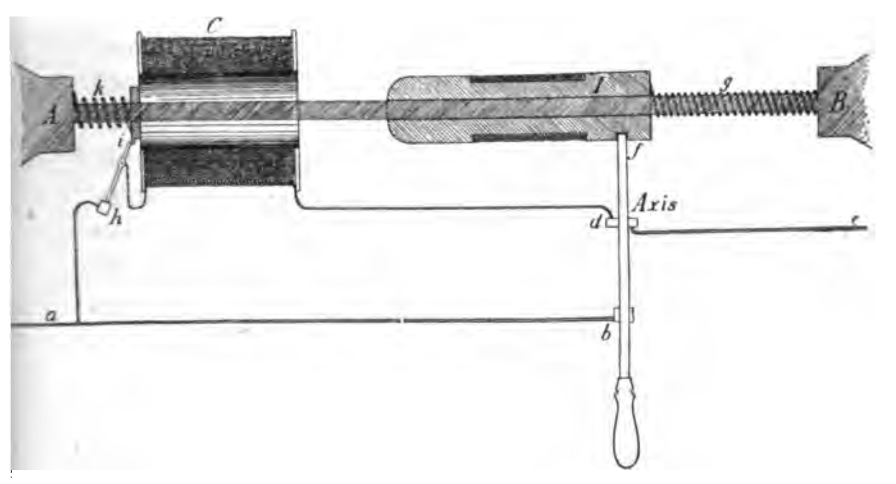


Fig. 1.

sant une force électromotrice d'induction et par conséquent un courant qui peut, par un choix convenable des dimensions de l'appareil, être à peu près égal, mais de sens contraire au courant primitif de *m* ampères. L'intensité totale se trouve ainsi rapprochée de zéro, et l'on peut couper définitivement le circuit sans étincelle dangereuse.

La construction du levier de rupture est facile, on le voit sur la figure 1. Dans la position où il est figuré,

le courant passe par *a b d c*. En le levant, on force tout le courant à passer dans la bobine C en même temps qu'on dégage un crochet *f*, ce qui rend libre le noyau. Il peut pénétrer dans la bobine de manière qu'arrivé en *i* le courant soit nul, à ce moment il presse, en continuant sa route, le ressort *k* et coupe en *h* le circuit sans qu'il y ait production d'étincelle. Le noyau est ensuite ramené dans sa position primitive par l'action du ressort plus faible *g*.

Voici un autre procédé inductif qui est plus pratique.

Un grand anneau de fer lamellé est d'abord recouvert de couches de fils constituant le circuit primaire. On place en dehors de ce circuit un grand nombre de segments formés de bobines secondaires séparées comme l'indique la figure 2 en 2*a*. On peut aussi constituer le circuit primaire en segments, il faut alors que les segments secondaires alternent avec ceux du primaire comme on le voit en 2*b*.

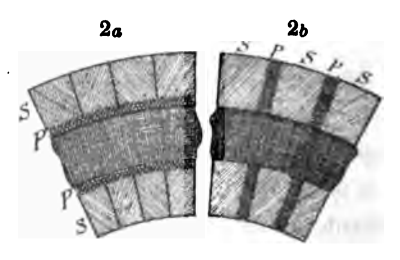


Fig. 2.

Chaque segment secondaire est muni d'un contact et l'ensemble de ces contacts est monté en anneau sur le pourtour d'un disque d'ébonite. A l'aide de ces contacts, tous les segments secondaires peuvent être réunis à la source de courant et comme conséquence l'anneau de fer prend une aimantation de sens déterminé.

La plaque d'ébonite peut être soulevée droit en haut de manière à couper simultanément tous les contacts. Au centre du disque d'ébonite se trouve aussi un contact principal permettant de fermer le circuit primaire et qui permet d'ouvrir le circuit primaire presque au même moment où le circuit secondaire est rompu lui-même. La bobine primaire est enroulée de manière à produire une aimantation du noyau en sens contraire de celle produite par les bobines secondaires et on doit supposer que la force magnétisante du courant primaire est égale à celle du secondaire. Il en résulte que lorsque les deux circuits sont parcourus simultanément par des courants, le noyau n'est pas aimanté et la self-induction du système est minime.

On doit donner à chaque bobine secondaire des dimensions telles que chacun des contacts, qui doivent être nombreux, n'ait pas à supporter à la rupture, plus de 10 ampères à une tension de 10 volts et si possible moins encore. La rupture du circuit secondaire se fait alors très rapidement.

Examinons maintenant comment cette sorte de transformateur va servir à éteindre l'étincelle de rupture et empêcher la formation d'un arc.

Le courant principal passe normalement en dehors de l'appareil, le circuit primaire étant en dérivation sur lui comme dans le premier appareil décrit.

En coupant le circuit principal et en fermant simultanément le circuit secondaire, on permet le passage du courant principal dans la bobine primaire; pendant ce temps, le noyau ne se trouve pas aimanté comme nous l'avons expliqué. Les courants peuvent ainsi arriver très rapidement à leur valeur maxima et dès qu'ils l'ont

atteinte, ils sont rapidement interrompus de manière que la rupture des circuits secondaires se produise un temps très court avant celle du circuit primaire.

Par suite des nombreux contacts, le courant secondaire a une tendance à une brusque rupture. Il en résulte que le courant primaire peut alors aimanter le noyau, produisant ainsi une force contre-électromotrice qui tend à l'arrêter, tandis que l'extra-courant du secondaire se trouve dirigé dans le même sens que le courant secondaire qui disparaît.

De cette façon l'énergie du courant primaire à la rupture est transmise par induction aux nombreux points de contact du secondaire, y produisant un phénomène lumineux mais sans danger pour les contacts.

Pour produire ces résultats, il est indispensable que le noyau du transformateur soit en fer doux en forme d'anneau lamellé, sans coupure et de dimensions suffisantes. Après avoir reçu l'aimantation due au courant primaire, il la conserve entièrement comme magnétisme rémanent. Il faut donc qu'à la rupture suivante les deux courants primaire et secondaire aient chacun changé de sens. Au lieu d'employer un commutateur, il est préférable de s'arranger pour que le courant secondaire ait une action magnétique un peu plus forte que celle du primaire de manière que le noyau soit aimanté dans le sens que produirait ce courant secondaire si les courants avaient le temps de prendre leur valeur définitive.

Nous allons maintenant expliquer, en nous aidant de la fig. 3, comment il est possible d'exécuter en une fois les diverses manœuvres dont nous avons expliqué l'utilité.

Au moment où on lève le levier *bc* le courant est forcé de passer seulement dans le circuit primaire. Si le secondaire est fermé un instant avant la rupture en *b'* du circuit principal, l'induction facilite alors le passage du courant du conducteur *ae* à la bobine primaire surtout si le courant secondaire prédomine sur le primaire. Pendant que le levier *bc* s'élève, les courants primaires et secondaires ont le temps d'atteindre leur maximum, après quoi ils sont rompus brusquement par

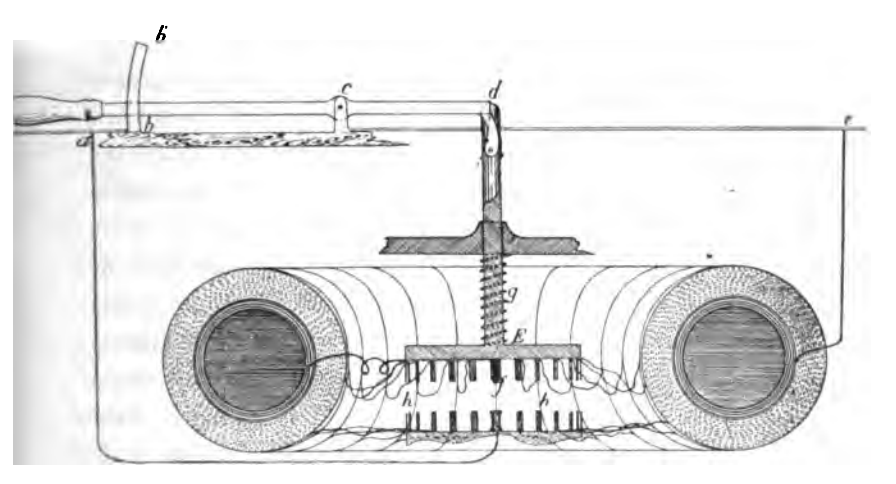


Fig. 3.

l'action d'un ressort qui soulève la plaque d'ébonite E, portant les contacts secondaires.

L'élévation du levier *bc* force la plaque d'ébonite à descendre d'abord malgré le ressort *g*, et un instant avant que le levier quitte le contact en *b'*, tous les contacts *f* et *h* du disque d'ébonite sont fermés. Un mécanisme indiqué sur la figure permet ensuite au ressort d'agir et de soulever le disque en rompant les contacts,

mais seulement après que les courants primaire et secondaire ont eu le temps de croître ; *f* représente ce contact du primaire et *hh* les nombreux contacts du secondaire.

Cet appareil peut fonctionner aussi avec des courants alternatifs, il est seulement nécessaire que les courants aient la même phase dans les deux circuits.

La télégraphie sans fils peut profiter de cette invention, car il est désirable pour elle d'obtenir le maximum possible de l'énergie des oscillations électriques.

L'auteur a d'abord essayé d'obtenir des résultats en employant un oscillateur de Hertz avec de très grosses boules, comme capacités, et une bobine de Ruhmkorff, mais sans réussir à obtenir des vibrations vigoureuses. Cela tient probablement à ce que la bobine de Ruhmkorff employée n'avait pas le temps d'élever assez vite le potentiel des boules. L'emploi de l'interrupteur qui vient d'être décrit permettrait à un inducteur spécialement construit de charger très rapidement de grandes capacités. L'inducteur devrait avoir un circuit secondaire relativement court et gros et le primaire, d'une grande longueur, devrait être capable d'absorber des courants intenses de plusieurs centaines d'ampères, avec une tension de plusieurs centaines de volts.

On pourrait ainsi avoir une tension suffisante aux bornes du secondaire et la période d'oscillation de l'inducteur étant très courte, on pourrait obtenir la charge de grandes capacités aussi facilement que l'on obtient celle de petites boules avec une bobine d'induction ordinaire.

La figure 4 montre comment on combinerait l'interrupteur décrit ci-dessus avec un inducteur approprié.

Les courants sont interrompus uniquement par le mouvement de la plaque d'ébonite déjà décrite et qu'un moteur fait mònter et descendre plusieurs fois par seconde. Ce moteur peut servir, si cela est nécessaire, à provoquer la commutation dans les circuits primaire et secondaire avant que le courant les parcoure.

La bobine secondaire de l'interrupteur est disposée

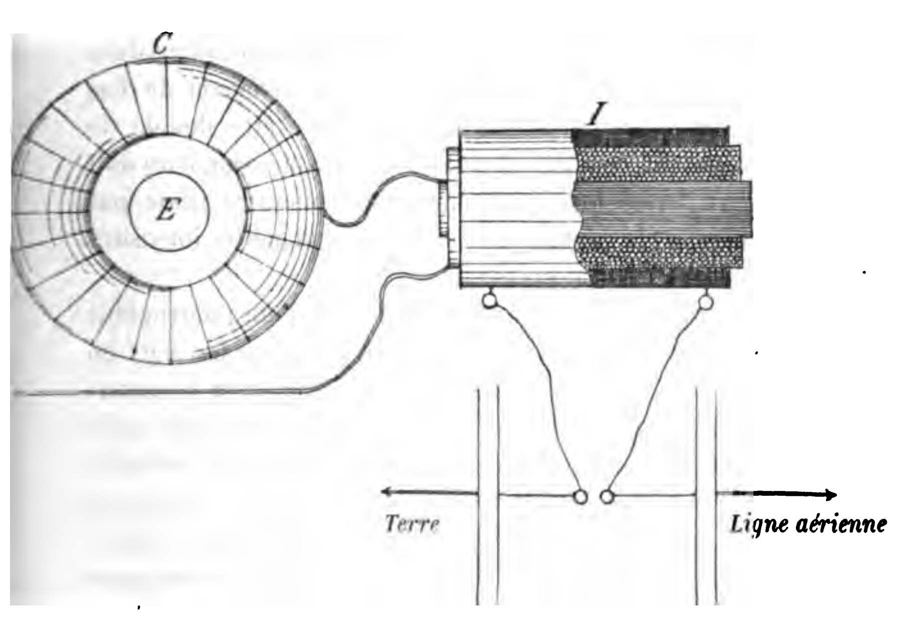


Fig. 4.

de façon que les courants des deux circuits primaire et secondaire arrivent à leur maximum le plus rapidement possible. Pour cela il faut tenir compte non seulement du primaire de l'interrupteur, mais aussi de celui de la bobine d'induction employée.

Un interrupteur rapide du genre de celui décrit

n'exige pas un contact de rupture pour le circuit primaire. Ce dernier, peut être continu, ce qui conduit à la suppression du contact *f* au centre de la plaque d'ébonite E. On peut le faire lorsque l'interrupteur à induction permet de réduire le courant presque à zéro un instant après celui où le circuit secondaire est ouvert aux nombreux contacts *h*.

Avec des interrupteurs très rapides, on peut employer soit des courants continus, soit des courants alternatifs. Dans ce dernier cas la période du mouvement de bas en haut de la plaque d'ébonite doit être double de celle du courant alternatif. Le circuit secondaire doit être fermé lorsque la force électromotrice passe par zéro, et la rupture devrait se faire quand les intensités du courant sont maxima.

On peut aussi, au lieu d'employer un interrupteur séparé de la bobine d'induction, combiner les deux en un seul appareil. Il faut pour cela remplacer le secondaire de la bobine par un troisième enroulement sur le transformateur utilisé dans l'interruption. Cet enroulement se fait dans deux régions opposées de l'anneau, de manière que les pôles à haute tension soient directement opposés l'un à l'autre. Les deux moitiés peuvent être accouplées en parallèle. Au moment de la rupture aux contacts *h*, le courant primaire aimante fortement l'anneau de fer, et l'on a une force électromotrice très élevée dans ce troisième enroulement.

L'auteur, occupé actuellement à des essais, espère pouvoir donner plus tard quelques détails complémentaires.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 8 janvier 1903.

F. Béguin. L'intestin et la digestion chez les reptiles. — P. Godet. L'outarde barbue.

M. F. Béguin. *L'intestin et la digestion chez les reptiles.* La muqueuse intestinale des reptiles n'a donné lieu jusqu'ici qu'à un nombre relativement restreint de travaux. Et pourtant, si l'on veut savoir comment le tube intestinal d'un Mammifère, par exemple, a pu dériver de celui d'un Poisson ou d'un Amphibien, il importe d'avoir des connaissances très détaillées sur l'appareil digestif de toutes les classes de Vertébrés.

On sait que la muqueuse œsophagienne des Vertébrés inférieurs est en général recouverte par un épithélium *cilié*, tandis que chez les Mammifères, l'épithélium est *stratifié, pavimenteux.* Comment l'un des épithéliums peut-il dériver de l'autre? L'examen des parois de l'œsophage des Reptiles nous permet de répondre en partie à cette question, en nous présentant toute une série de stades intermédiaires. Chez les Sauriens, l'épithélium œsophagien comprend surtout des cellules cylindriques ciliées auxquelles se mélangent des éléments caliciformes moins nombreux. Chez les Ophidiens, les deux sortes de cellules coexistent encore, mais les éléments caliciformes sont en grande prédominance sur les éléments ciliés qui tendent à disparaître. Chez Emys europæa, l'épithélium se complique en ce qu'il devient, dans une partie de l'œsophage,

cylindrique stratifié; le strate superficiel est absolument semblable à la couche épithéliale qu'on trouve dans l'œsophage des Ophidiens. Enfin chez Testudo græca l'épithélium est encore stratifié ; dans toute la région antérieure, les cellules sont pavimenteuses comme chez les Mammifères; dans une seconde région, elles sont cylindriques, quoique constituant encore plusieurs strates, et l'assise superficielle est alors composée de cellules muqueuses.

Pour la muqueuse stomacale, nous trouvons une gradation analogue. Rappelons que dans les glandes gastriques des Poissons, il existe souvent une seule sorte de cellules; c'est un état primitif. Dans les glandes des Mammifères on trouve en revanche deux sortes d'éléments : les cellules bordantes et les cellules principales; les premières sont mélangées aux secondes dans la plus grande partie du tube glandulaire.

Chez les Sauriens les glandes sont essentiellement constituées par de petites cellules granuleuses qu'on appelle cellules du fond et qui paraissent correspondre aux cellules bordantes des Mammifères. La plupart de ces Sauriens présentent dans la partie externe du tube glandulaire une seconde sorte d'éléments. Ce sont les cellules du col; elles sont hyalines, d'aspect muqueux; on les trouve en général mal caractérisées et peu nombreuses.

Les Ophidiens présentent aussi les deux sortes d'éléments, mais, chez eux, les cellules du col sont nombreuses et hautement différenciées. Enfin chez Emys europæa, comme chez Testudo græca, les éléments du col ne sont plus localisés au débouché des glandes ; ils descendent vers la profondeur et se mélangent aux cellules granuleuses du fond. Ces faits permettent de supposer que les cellules du col sont homologues aux cellules principales des Mammifères.

Remarquons en terminant que l'échelle de complication graduelle établie chez les Reptiles, à propos de la muqueuse œsophagienne est absolument analogue à celle que nous donne l'étude de l'estomac. Dans les deux cas, on a, en allant du plus simple au plus complexe, la gradation

suivante : 1° Sauriens, 2° Ophidiens, 3° Chéloniens. Ajoutons que toutes les deux fois Anguis fragilis (Orvet) s'est montré intermédiaire entre les Sauriens et les Ophidiens[1].

M. P. GODET, prof., signale l'acquisition par le Musée d'histoire naturelle d'une Outarde barbue (*Otis tarda)*, électrocutée à Cressier par la conduite à haute tension de Hagneck. C'est la seconde fois que cette espèce est signalée dans le canton de Neuchâtel. Un premier individu avait été tué par M. le capitaiue Vonga dans les prés d'Areuse, il y a environ 70 ans.

Séance du 23 janvier.

J. de Perregaux. Une récente publication du Bureau topographique fédéral. — H. Schardt. La géologie du massif du Simplon.

M. J. DE PERREGAUX fait un résumé d'une récente *publication du Bureau topographique fédéral* (« Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Auschluss an den Meereshorizont ». Im Auftrag der Abteilung für Landestopographie des Militärsdepartements bearbeitet von Dr J. Hilfiker, ingenieur. Verlag der Abteilung für Landestopographie).

Depuis 1864, la Commission géodésique suisse a fait exécuter le nivellement de précision de la Suisse, ce nivellement peut être considéré comme achevé, il a été rattaché aux nivellements des pays voisins.

M. Hilfiker a étudié d'une manière très approfondie la valeur de ces divers nivellements et la possibilité de les ramener tous au même zéro; mais il reconnait qu'il y a peu de probabilité d'arriver jamais à une entente internationale à ce sujet, en conséquence il propose de fixer définitivement la hauteur du repère de la Pierre-à-Niton à Genève, point initial de notre nivellement fédéral, à 373m6.

[1] Voir pour plus de détails : *Revue suisse de zoologie*, tome 10, 1902.



Notre réseau hypsométrique se raccorderait ainsi aux nivellements des pays voisins à quelques millimètres ou centimètres près.

M. H. Schardt, prof., fait une communication sur la *géologie du massif du Simplon*. Il rappelle au début que le projet de percement d'un tunnel de chemin de fer à travers cette montagne est des plus anciens. Les tracés proposés et étudiés successivement sont nombreux. Le plus ancien date de 1859, presque de l'époque de l'établissement des premiers chemins de fer en Suisse. La géologie de cette région a naturellement été étudiée avec d'autant plus de soin que la connaissance des terrains constitutifs du massif devait paraître indispensable en vue de l'exécution d'un tunnel. Toutefois, ainsi que cela ressort des divers profils géologiques construits depuis lors, les géologues ne sont guère tombés d'accord, et en fin de compte le profil définitif ne ressemblera guère aux divers profils proposés avant la mise en œuvre du percement du grand tunnel. Cela provient de la complication extrême de la structure géologique du Simplon. Au tunnel du Gothard, on a eu affaire à des couches fortement redressées; le profil géologique du Mont-Blanc se présente avec ce même caractère, aussi les divers profils géologiques proposés pour ces deux massifs ne diffèrent guère les uns des autres quant à leurs traits généraux. Le profil géologique définitif du Gothard a révélé, à peu de chose près, ce que l'on supposait d'avance.

Au Simplon, au contraire, on est en présence de couches peu inclinées qui dessinent dans leur ensemble une courbure ressemblant à une voûte gigantesque. De plus, les relations d'âge entre les différentes formations sont difficiles à établir, et de ce chef la disposition des couches dans la profondeur de la montagne ne peut guère être fixée d'avance. Ces deux difficultés, tant stratigraphiques et pétrographiques que tectoniques, ont eu pour résultat que les nombreux profils géologiques que nous possédons

divergent énormément les uns des autres à ces deux points de vue à la fois.

Après avoir énuméré les groupes de terrains qui participent à l'architecture du massif du Simplon — schistes lustrés (jurassique), anhydrite et dolomite (trias), micaschistes variés avec schistes amphiboliques, puis les gneiss schisteux et lités, avec leur équivalent le gneiss massif d'Antigorio — M. Schardt montre, à l'aide d'une série de profils, comment les divers géologues ont interprété la structure du massif du Simplon, depuis Studer et Gerlach (1853 et 59) jusqu'à l'année d'ouverture des travaux du percement.

Depuis lors les vues se sont modifiées sensiblement, tant ensuite de nouvelles recherches faites sur le terrain, que par les travaux même du tunnel qui ont fait reconnaître certains faits qui ne concordent pas avec les suppositions précédentes.

C'est en première ligne le gneiss d'Antigorio que cela concerne. Cette masse fut de tout temps considérée comme formant, avec une assise de micaschiste sous-jacente, le centre du massif autour duquel les autres terrains paraissaient se mouler en enveloppes concentriques. Déjà Gerlach avait reconnu que le jambage N de cette voûte de gneiss d'Antigorio n'avait pas d'assise en profondeur et que ce gneiss semblait former une nappe reposant sur des micaschistes calcarifères. Dès 1893, M. Schardt est arrivé à la persuasion que les micaschistes inférieurs à ce gneiss sont sous une forme des plus métamorphiques l'équivalent des schistes lustrés. La situation en recouvrement ou chevauchement de cette masse de gneiss ancien sur un terrain plus ancien est conséquemment évidente. Cette même hypothèse pourrait aussi s'appliquer aux autres zones de gneiss, comprises entre la vallée du Rhône et la masse de gneiss d'Antigorio. Cette supposition est devenue pour M. Schardt une certitude depuis plus de deux ans, et les travaux de percement n'ont fait jusqu'ici qu'apporter des preuves nouvelles. Ainsi les gneiss du Simplon, loin de former un *massif central*, ne constituent qu'une succes-

sion d'écailles ou plis de gneiss, jetés sur des couches plus récentes. Cette hypothèse a été appuyée dernièrement par M. Lugeon. Elle est par contre en opposition flagrante avec un profil construit récemment par M. Schmidt, professeur à Bâle, qui place un noyau de gneiss au centre du massif.

Séance du 6 février.

R. Weber. Les sources de lumière modernes.

M. R. Weber, prof., fait une communication, avec démonstrations, sur *les sources de lumière modernes.*

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 7 janvier 1903

Aug. Forel. Faune myrmécologique des noyers. — J. Amann. Nouveau réfractomètre. — F.-A. Forel. Feux crépusculaires.

M. Auguste Forel parle de la faune myrmécologique des noyers du canton de Vaud. *(Bulletin Société vaudoise des sciences naturelles*, mars 1903*)*.

M. le Dr Amann présente à la société le nouveau *réfractomètre à immersion* de la maison Zeiss, à Iena.

La détermination des indices de réfraction des liquides se fait au moyen de cet appareil, aussi rapidement et aussi simplement que celle de la température par le thermomètre, ou de la densité par l'aréomètre.

Une disposition spéciale permet d'employer au besoin une seule goutte de liquide.

L'exactitude obtenue est très grande; l'instrument donne l'indice avec cinq décimales exactes.

M. Amann montre quels services ce réfractomètre peut rendre dans les laboratoires de chimie, pour la préparation des liqueurs titrées, pour le dosage des liquides alcooliques, du sucre etc., etc. Il expose une méthode spéciale qu'il a élaborée et qui permet de déterminer rapidement et très exactement, au moyen du réfractomètre, le degré de concentration des liquides de l'organisme, celle du sang en particulier.

Cette dernière détermination est, on le sait, du plus

haut intérêt pour la physiologie et la pathologie ; elle se fait très rapidement par la méthode de M. Amann, qui ne nécessite qu'une seule gouttelette de sang qu'il est toujours facile de se procurer.

Les résultats obtenus offrent une exactitude supérieure à ceux fournis par la cryoscopie ou le poids spécifique.

M. Amann montre par quelques exemples toute l'importance que peuvent avoir ces recherches pour éclairer le diagnostic dans certains cas pathologiques.

M. F.-A. Forel signale la réapparition des feux crépusculaires.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 5 février 1903.

Th. Tommasina. L'éther-électricité et la constante électrostatique de gravitation. — A. Brun. Glaciers du Spitzberg. — R. Chodat et A. Bach. Sur les ferments oxydants.

M. Th. Tommasina donne lecture d'un travail sur l'*éther-électricité et la constante électrostatique de gravitation, ou aperçu d'une théorie électronique des radiations et de la gravitation universelle.* L'auteur considère le phénomène radiant comme seule source et forme primaire de l'énergie et l'état de contrainte du milieu éthéré comme nécessaire pour la propagation des radiations. Tous les corps seraient impondérables s'ils se trouvaient dans le vide absolu, aussi ne peut-il exister qu'un seul corps impondérable lequel doit par son action produire la pondérabilité de tous les autres corps. L'état de contrainte ou tension de l'éther est donc la constante absolue de la gravitation.

L'auteur envisage l'éther comme le réceptacle de l'énergie universelle et les corps pondérables comme des assemblages très variés de modifications des degrés de liberté des particules de l'éther. Le phénomène radiant ondulatoire électromagnétique étant primaire les autres phénomènes n'en sont que des modifications partielles, conséquemment l'état de contrainte de l'éther n'est autre qu'une tension électrostatique, il s'en suit que la constante absolue de la gravitation universelle est une constante électrostatique.

Les précédentes déductions sont aussi basées sur l'existence établie d'une pression longitudinale de radiation laquelle a permis à l'auteur de donner une explication mécanique du mode de transmission de l'énergie radiante, considérant comme élément électromagnétique, ou *électron*, non pas la masse même de la particule d'éther, mais sa trajectoire et son énergie. La masse de l'électron n'est qu'apparente et sa vitesse de déplacement est égale à celle de la lumière, l'électron n'étant en réalité qu'un mode de mouvement qui se déplace sans aucun transport de matière. Ce mécanisme permet d'entrevoir l'origine des deux forces, électrique et magnétique, réciproquement dans la pression de gravitation et dans la pression de radiation, ainsi que la nature électromagnétique des radiations. L'auteur conclut que, d'après cette théorie, l'éther-électricité est la forme primaire de la matière et de l'énergie. Les résultats théoriques résumés dans ce travail sont tirés directement de l'application, à la théorie électromagnétique de la lumière, des deux principes suivants :

1° *Aucune action à distance n'est admissible.*

2° *Aucune force attractive ou répulsive ne peut être inhérente à la matière inerte.*

L'intervention d'un milieu dans lequel toute transmission d'énergie se fait par chocs est donc nécessaire pour expliquer tous les phénomènes physico-chimiques.

M. A. Brun présente des photographies de *glaciers du Spitzberg* observés en 1902.

Il attire particulièrement l'attention sur une vue d'un glacier de Magdalena Bay, qui présente une section à la mer, parallèle au sens de son écoulement.

Les couches de glace sont relevées à leur extrémité, comme si elles éprouvaient une résistance à leur avancement, ce qui amène une formation de moraine engagée encore dans la glace. D'autres photographies montrent des canyons de petites rivières et des rivages surélevés d'anciens niveaux de mer.

M. Chodat communique en son nom et à celui de M. A. Bach les résultats de leurs nouvelles recherches relatives aux *ferments oxydants*[1]. Les auteurs ont continué à étudier l'action de la peroxydase sur divers produits organiques (peroxydes) et ont trouvé que dans tous les cas ce ferment active les peroxydes organiques en ce qui concerne le bleuissement de l'émulsion de gaïac ou la production de gallopurpurine aux dépens du pyrogallol. La peroxydase elle-même n'a pas, quand elle est isolée, d'action oxydante. Le résultat contraire annoncé par Lœw ne peut provenir que du fait qu'il aurait employé des réactifs déjà vieillis, par conséquent peroxydés. En employant l'émulsion fraiche de gaïac ou de pyrogallol pur la peroxydase se montre à elle seule inactive.

Tenant compte du fait que l'eau oxygénée ne peut à elle seule bleuir l'émulsion de gaïac et du fait que les oxydases dont les auteurs ont montré dans leurs précédentes recherches la nature de peroxydes, sont capables d'opérer cette oxydation et d'autres encore que ne sait effectuer le peroxyde d'hydrogène, les auteurs ont émis l'hypothèse que les oxydases des auteurs sont des mélanges de deux ferments. L'un analogue au peroxyde d'hydrogène serait le peroxyde organique, ils lui donnent le nom d'oxygénase; l'autre dont il serait difficile de débarrasser l'oxygénase qui l'entraine plus ou moins lorsqu'on la précipite, serait une peroxydase ayant comme effet d'activer l'action de l'oxygénase de la même manière que la peroxydase préparée précédemment par MM. Chodat et Bach active le peroxyde d'hydrogène.

C'est en partant de cette idée que les auteurs sont arrivés à dédoubler l'oxydase du *Lactarius vellereus* et de *Russula fœtens*, par précipitation fractionnée, en deux ferments, l'un facilement précipité par l'alcool à 40 %, l'autre assez soluble dans l'alcool aqueux. Par cette méthode ils sont arrivés à obtenir une oxygénase qui ne donne avec l'émulsion de gaïac fraichement préparée qu'une

[1] Voir *Ber. d. chem. Gesellschft.* 35, 2466, 3943 (1902).

réaction minime après un temps prolongé (20 minutes). Si on réunit les deux ferments inactifs par eux-mêmes la réaction est énergique et instantanée.

Lorsqu'on prépare l'oxydase par précipitation par l'alcool une partie de la peroxydase reste dans les liqueurs alcooliques; une faible partie est entraînée par l'oxygénase à laquelle elle confère le pouvoir d'oxyder directement et énergiquement.

C'est cette oxydase déjà appauvrie en peroxydase que les auteurs avaient réussi à activer par l'addition d'une dose nouvelle de peroxydase[1].

La peroxydase obtenue par dédoublement de l'oxydase de *Lactarius* et de *Russula* est différente de celle, très répandue dans les végétaux, qui active extraordinairement le peroxyde d'hydrogène et la plupart sinon tous les peroxydes. En effet, cette peroxydase que les auteurs appellent provisoirement P. β est spécifique pour l'oxygénase et est sans action nette sur le peroxyde d'hydrogène.

Les recherches quantitatives dans lesquelles on mesurait le volume d'oxygène absorbé dans l'oxydation du pyrogallol en solution aqueuse (1 gr.) et l'acide carbonique dégagé sont venues confirmer d'une manière indiscutable les théories et les expériences qualitatives des auteurs.

Dans un première série d'expériences on a utilisé une oxydase appauvrie en peroxydase par dialyse (la peroxydase dialysant plus vite que l'oxygénase) que l'on a activé par la peroxydase retirée du raifort.

Les deux autres séries ont été faites à partir de l'oxygénase, la dernière extraite de résidu d'oxydases déjà dépourvues en apparence de fonctions oxydantes.

Ces oxygénases ont été expérimentées seules et activées par la peroxydase du raifort et enfin par leur propre peroxydase (peroxydase β). Voici le résultats de quelques expériences, toutes ont été concluantes.

[1] Voir *Archives* 1902.

1 gr. Pyrogallol	Oxygène absorbé	CO_2 dégagé
I Oxyadse Lactarius seule	14,1 cc.	5,4 cc.
II Peroxydase de Raifort seule	0,6	0,2
III Oxydase et Peroxydase	19,1	7,7
IV Peroxydase de Raifort	0,5	0,1
V Peroxydase de Lactarius β	0,2	0,0
VI Oxygénase I seule	3,1	1,1
VII Oxygénase I et Peroxydase de Raifort	9,9	5,9
VIII Oxygénase I et Peroxydase β	11,0	6,8
IX Oxygénase II seule	1,2	0,4
X. Oxygénase II et Peroxydase Raifort	12,4	3,6
XI. Oxygénase et Peroxydase β	15,8	5,1

Par conséquent le pouvoir oxydant de l'oxygénase peut être considéré comme très faible ; il est fortement activé par la peroxydase et plus encore par la peroxydase β, son activateur spécifique (13 fois).

Les auteurs communiquent en outre le résultat de leurs premières recherches sur la localisation des ferments oxydants. Ils ont réussi à mettre en évidence l'oxydase dans les cellules vivantes de pomme de terre par le pyrogallol. Les leucites qui entourent le noyau des cellules subcorticales se colorent en jaune vif et puis en rouge orange (gallopurpurine) par ce réactif. Cette réaction à lieu même quand les leucites ont déjà donné naissance à des grains d'amidon.

On peut de même mettre en évidence cette localisation en employant les topinambours et les tubercules de Stachys tubifera. Dans cette dernière espèce c'est surtout l'épiderme et l'endoderme qui montrent clairement cette élégante réaction. Les cellules peuvent être plasmolysées normalement après la réaction. C'est sans doute pour la première fois que l'on peut localiser un ferment dans une portion définie de la cellule.

Séance du 19 février.

E. Yung. Effets anatomiques de l'inanition. — F. Pearce. Des courbes obscures.

Au cours d'expériences sur la digestion des poissons, M. le prof. E. Yung fut conduit à mesurer la longueur de l'intestin chez de nombreux *Leuciscus rutilus*, *Esox lucius* et *Lota vulgaris*, et remarqua que l'intestin est relativement plus court au printemps qu'en automne. Il observa dans la suite le même fait chez *Rana esculenta*, et *R. temporaria*. Sur un lot de grenouilles de même taille mesurées au mois d'avril, l'intestin fut trouvé en moyenne 2,8 fois plus long que le corps, tandis qu'au mois d'octobre, chez des grenouilles de même taille encore que les premières, ce rapport s'éleva à 3,28.

On peut attribuer ce fait à l'*inanition* que subissent poissons et grenouilles durant la période hivernale, car si l'on soumet ces animaux à un jeûne beaucoup plus prolongé, de huit à quatorze mois, par exemple, le raccourcissement de l'intestin s'accentue toujours plus jusqu'à atteindre $^1/_6$ de sa longueur initiale. En essayant de se rendre compte du mécanisme du phénomène, M. Yung s'est convaincu par l'examen comparatif des éléments de l'épithélium, des glandes gastriques, du foie et du muscle gastrocnémien chez des individus nourris et inanitiés, que la diminution des organes chez ces derniers n'était pas accompagnée de la disparition des éléments cellulaires que l'état d'inanition empêcherait de se reproduire, mais de l'amaigrissement sur place de chacun de ces éléments. On trouve par exemple le nombre normal de cellules gastriques dans les glandes de l'estomac d'un brochet qui n'a pas mangé depuis une année ; seulement ces cellules ont considérablement diminué de taille. Les modifications morphologiques constatées chez un organisme qui meurt d'inanition ne pourraient donc recevoir une juste interprétation qu'à la condition de savoir au préalable les modifications qui s'ac-

complissent dans les dernières cellules de ses tissus. M. Yung décrit ces modifications dans la cellule épithéliale et la cellule gastrique; à côté de particularités propres à chacune d'elles, elles présentent des caractères généraux à l'état d'inanition avancée. Ainsi leur cytoplasma est toujours beaucoup plus atteint que leur nucléoplasma. Conséquence : elles diminuent surtout par leur corps cellulaire alors que le noyau devient énorme par rapport à celui-ci. Le réseau protoplasmique du corps est détruit, les granulations diverses se dissolvent. Pour mieux suivre les phénomènes intracellulaires consécutifs à l'inanition, M. Yung s'est adressé à des cellules libres notamment à des infusoires. Il expose successivement les dégradations constatées chez *Paramecium* dans l'ectoplasma, l'endoplasma, et les macronucléus et micronucléus, insistant sur le fait que ce dernier au lieu de diminuer de volume quand l'inanition le gagne, augmente au contraire, se déforme et commence à se diviser en s'écartant progressivement du macronucléus. M. Yung n'a jamais assisté à une division micronucléaire complète. Mais il résulte de l'ensemble des détails qu'il a observés, que c'est le plasma micronucléaire qui, chez les infusoires, représente au plus haut degré le nucléoplasma des cellules des tissus et que, conservateur de l'espèce cellulaire, il la défend encore quand le protoplasma du corps de la cellule a déjà succombé.

M. Pearce, présente une communication sur les *phénomènes en lumière convergente.*

En lumière monochromatique, une lame cristalline, d'une substance biréfringente, placée sur la platine du microscope à lumière convergente, donne aux nicols croisés deux systèmes de *courbes obscures*. Les unes appelées courbes isochromatiques ne se déforment pas par la rotation de la platine et sont remplacées par des courbes irisées si l'on éclaire l'appareil avec de la lumière blanche. Les autres qui font l'objet de la présente note, subissent généralement une déformation en tournant la lame et restent obscures quelle que soit la nature de la source lumineuse employée,

nous leur donnerons le nom de *courbes obscures*; celles-ci peuvent être définies comme le lieu des point où émergent de la lame les rayons correspondants aux vibrations qui ont traversé le cristal tout en restant polarisées perpendiculairement à la section principale du polariseur. Le problème consiste donc dans la recherche du lieu des droites OD et OD′ perpendiculaires aux sections elliptiques de l'ellipsoïde optique du cristal dont les axes sont contenus dans les sections principales des 2 nicols. L'équation de l'ellipsoïde direct du cristal ramené à 3 axes rectangulaires xyz coïncidants respectivement avec les sections principales du polariseur, de l'analyseur et la normale à la lame parallèle à l'axe optique du microscope est de la forme.

$$(1) \qquad Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx = 1$$

dans laquelle les coefficients des variables dépendent de la longueur des axes principaux de l'ellipsoïde, de leur position relativement aux lignes d'extinction de la lame et de l'orientation de celles-ci par rapport à la section du polariseur.

De cette équation on tire par un calcul simple les relations suivantes :

$$(2) \qquad \text{tang}\,\psi = \frac{D\cos\varphi - E\sin\varphi}{(A-C)\sin 2\varphi + F\cos 2\varphi}$$

$$(3) \qquad \text{tang}\,\psi' = -\frac{D\cos\varphi' - F\sin\varphi'}{(B-C)\sin 2\varphi' + E\cos 2\varphi'}$$

qui sont les relations auxquelles doivent satisfaire, OD et OD′ pour que les axes des ellipses découpées par les plans normaux soient contenus respectivement dans les sections principales du polariseur et de l'analyseur $\psi =$ angle de OD avec le plan zx, $\varphi =$ angle de la projection de OD dans ce plan avec z.

$\psi' =$ angle de OD′ avec le plan zy et $\varphi' =$ angle de la projection de OD′ sur zy avec z.

Dans le cas où la section est normale à l'un des axes principaux ces relations se simplifient car $E = 0$ et $F = 0$

et deviennent en passant des coordonnées polaires aux coordonnées rectangulaires :

(4) $xy - Rx^2 = Rz^2$. (5) $xy - R'y^2 = R'z^2$.

dans lesquelles :

(6) $$R = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\cos^2\theta + \frac{\frac{1}{b^2} - \frac{1}{c^2}}{\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2}}\right]}$$

(7) $$R' = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\sin^2\theta + \frac{\frac{1}{b^2} - \frac{1}{c^2}}{\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2}}\right]}$$

θ est l'angle que fait une des lignes d'extinction avec la section principale du polariseur.

a b c sont les axes principaux de l'ellipsoïde des vitesses.

Les équations 4 et 5 sont celles de deux cônes, ayant leurs sommets à l'origine des axes xyz si θ est différent de O ; ces cônes se réduisent à deux plans passant par zx et zy si $\theta = 0$.

Les courbes obscures s'obtiennent facilement par l'intersection de ces deux surfaces par un plan normal à z.

Dans le cas d'une *section normale à* n_g [1], les relations 6 et 7 deviennent :

$$R = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\cos^2\theta + \frac{1}{\tan^2 V}\right]} \qquad R' = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\sin^2\theta + \frac{1}{\tan^2 V}\right]}$$

V = angle d'un des axes optiques avec la normale à la plaque.

θ = angle de la trace du plan des axes optique avec celle du polariseur.

Les deux cônes définis par 4 et 5 se coupent sur les deux

[1] Les notations n_g n_m n_p désignent les 3 indices de réfraction, maximum moyen et minimum du cristal.

axes optiques et déterminent dans un plan normal à z la formation de deux hyperboles de paramètres variant avec θ, si $\theta = O$ les deux hyperboles deviennent deux droites parallèles à x et y. L'axe réel des hyperboles tombe toujours dans les quadrants où se projettent les axes optiques.

Pour *les sections normales à n_p* on obtient des résultats semblables à ceux indiqués par la section perpendiculaire n_g les formules 6 et 7 devenant :

$$R = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\cos^2\theta + \frac{1}{\tan^2 V'}\right]} \qquad R' = \frac{\sin 2\theta}{2\left[\sin^2\theta + \frac{1}{\tan^2 V'}\right]}$$

dans lesquelles θ est l'angle de la trace du plan des axes avec la section principale du polariseur, V' l'angle de l'un des axes optiques avec la normale à la section.

Section normale à n_m :

$$R = \frac{\sin 2\theta}{2\cos^2\theta - 2\frac{n_g^2 - n_m^2}{n_g^2 - n_p^2}}$$

$$R' = \frac{\sin 2\theta}{2\sin^2\theta - 2\frac{n_g^2 - n_m^2}{n_g^2 - n_p^2}}$$

Le terme $2\frac{n_g^2 - n_m^2}{n_g^2 - n_p^2}$ dépend de l'angle des axes optiques ; pour un cristal négatif, sa valeur est comprise entre O et 1 tandis que pour un cristal positif entre 1 et 2 ; si θ est l'angle que fait de ligne d'extinction n_p avec la section du polariseur, les équations :

$$xy - x^2 R = Rz^2$$
$$xy - y^2 R' = R'z^2$$

répresentent également deux cônes dont la section par un plan normal à z donne deux hyperboles, mais comme R et R' sont des signe contraires, l'une H, a ses sommets dans les quadrants ou tombe la bissectrice de l'angle aiguë des axes optiques, et l'autre H' dans ceux ou se trouve la nor-

male optique. La discussion de l'équation montre que l'axe réel de H devient infini pour une relation θ de la platine supérieure à 45° et celui de H' pour une rotation $\theta < 45$ si $V < 45°$.

Cette observation permettrait de déterminer le signe optique des cristaux biaxes sur une section parallèle au plan des axes optiques, il faudrait pour cela pouvoir établir la distinction entre les hyperboles H et H'. il suffit pour cela de remarquer que l'axe réel de H' devient infini plus rapidement que celui de H, et la position de la bissectrice aiguë se déduira de celle du quadrant ou se formera l'hyperbole visible le plus longtemps.

Pour les *cristaux uniaxes*, le calcul nous montre que la section perpendiculaire à l'axe optique doit présenter une croix noire et celles parallèles à l'axe optique une seule hyperbole dont les sommets se trouvent dans les mêmes quadrants que l'axe optique.

Séance du 5 mars.

C.-E. Guye et B. Herzfeld. Hystérésis aux fréquences élevées. — M. Bedot. Recherches sur la Bathyphysa Grimaldii. — Amé Pictet. Acides organo-minéraux. — L. Duparc et E. Bourcart. Composition des eaux des lacs de montagne. — C.-E. Guye. Appareil pour démontrer le mouvement ondulatoire.

M. le prof. Ch.-Eug. Guye communique les derniers résultats de l'étude qu'il a entreprise en collaboration avec M. Beni Herzfeld sur l'*hystérésis magnétique aux fréquences élevées*.

Il rappelle d'abord que les résultats obtenus par les divers expérimentateurs sont des plus contradictoires ; tandis que Warburg et Hönig, Tanakadaté et d'autres auteurs arrivent à la conclusion que l'énergie dissipée dans un cycle d'aimantation diminue si la rapidité avec laquelle le cycle est parcouru augmente, Evershed et Vignoles, Bergmann, Gray, Maurain, estiment, d'après leurs expériences, que cette énergie est sensiblement indépendante de cette rapidité. Enfin, dans un travail très complet et très minu-

tieux, M. Wien conclut à l'augmentation aux fréquences élevées de l'énergie consommée par cycle sous l'influence de l'hystérésis.

M. Guye estime que ces nombreuses divergences proviennent en grande partie de la difficulté d'éliminer totalement les courants de Foucault et de la difficulté plus grande encore d'en calculer ou d'en apprécier l'influence.

Les courants de Foucault sont en effet une double cause de perturbation ; d'une part leur présence tend à affaiblir le champ magnétique à l'intérieur du fer, de sorte qu'il règne une incertitude très grande sur la valeur réelle de ce champ, et d'autre part ces courants consomment une certaine énergie. Cette double perturbation étant fonction de la saturation, de la perméabilité, de la fréquence, ainsi que de la conductibilité et du diamètre du fil employé, on comprend aisément de quelles difficultés et de quelle incertitude un calcul de correction de ce genre peut être entaché.

Dans le travail entrepris, les auteurs se sont donc appliqués à réduire autant que possible cette action par l'emploi de fils de fer extrêmement fins. Ils ont étudié dans ces circonstances l'énergie dissipée pour diverses fréquences et divers courants magnétisants. Le principe de la méthode a été exposé déjà (Société helvétique des sc. naturelles. — *Archives des sciences physiques et naturelles*, oct. 1902). Ce dispositif a l'avantage de supprimer pratiquement toute réaction appréciable du fil magnétisé sur le courant magnétisant et de donner directement des indications proportionnelles à la puissance consommée dans le fil même, sans aucune correction pour l'énergie dissipée dans les enroulements.

Les expériences ont été effectuées sur 4 fils dont les diamètres en centimètres étaient respectivement :

0,0374 0,0235 0,0155 0,0038

D'autre part la périodicité du courant magnétisant a varié entre 100 et 1200 à la seconde, c'est-à-dire entre des limites plus de deux fois plus étendues que celles des expériences de M. Wien.



Enfin les champs magnétisants (efficaces) étaient en C. G. S. suivant les expériences :

56,6 37,7 18,9 9,4

Dans chaque série d'expériences l'intensité efficace du courant magnétisant était maintenue la même, et l'on faisait varier la fréquence par la vitesse de l'alternateur.

Résultats. Si l'on suppose d'une part l'énergie dissipée par hystérésis indépendante de la vitesse avec laquelle le cycle d'aimantation est parcouru, et que l'on admette d'autre part que l'induction magnétique qui traverse la section du fer est uniforme et la même à toute fréquence (fils fins et faibles saturations), on est conduit pour la puissance consommée, à une expression de la forme :

$$y = A\,n + B\,n^2 \qquad \text{(I)}$$

n désignant la fréquence du courant, A et B, deux constantes.

En comparant les résultats expérimentaux à cette relation théorique, les auteurs ont constaté les faits suivants :

Saturations élevées. — Si l'on déduit les valeurs des coefficients A et B de l'ensemble des expériences, les courbes calculées relatives aux fils de gros diamètre (1) et (2), ne se superposent pas aux courbes observées, mais leurs ordonnées sont plus élevées. La différence entre les deux systèmes de courbes est encore plus grande si les valeurs de A et de B sont déduites seulement des expériences à basse fréquence.

Il semble donc que pour ces fils, les courants de Foucault par leur réaction diminuent la valeur de l'induction dans le fer au fur et à mesure que la fréquence augmente, atténuant ainsi et la perte par hystérésis et celle due aux courants parasites.

Pour le fil (3) les deux courbes se superposent exactement ; la puissance consommée est donc bien représentée par la formule I ; les courants parasites semblent ainsi suffisamment atténués pour ne pas changer sensiblement la valeur de l'induction aux diverses fréquences.





Enfin pour le fil (4), le plus fin, l'expression de la puissance consommée est une droite ; et l'on peut supposer alors les courants de Foucault négligeables.

Faibles saturations — Au fur et à mesure que la saturation diminue, la courbe (I) se rapproche généralement d'une droite ; c'est le cas du fil (4) pour toutes les inductions.

Il résulte donc de l'ensemble des expériences, qu'en employant des fils suffisamment fins, l'énergie dissipée dans un cycle d'aimantation est indépendant de la rapidité avec laquelle ce cycle est parcouru, même dans le cas de périodicités voisines de 1200 à la seconde.

M. le prof. Bedot communique à la Société le résultat de ses *nouvelles recherches sur la Bathyphysa Grimaldii.*

Le tube creux qui constitue le corps des pneumatozoïdes, est pourvu d'ailettes latérales et recourbé en forme de C. La courbure est souvent accentuée au point que les deux extrémités du zoïde se touchent et que les ailettes, appliquées contre les parois du tube, forment une cavité centrale. Mais cet état de contraction est anormal et, en réalité, il n'y a pas d'autre cavité que celle du tube.

A l'extrémité proximale du pneumatozoïde, on remarque une sorte d'écusson triangulaire dont les angles sont plus ou moins arrondis. Il est entouré d'un bourrelet par lequel le zoïde est attaché à la tige de la colonie. Le petit filament décrit précédemment comme étant un pédoncule, est un fil tentaculaire. Dans l'écusson se trouve l'ouverture d'un canal entodermique très court, établissant la communication entre le canal de la tige et la cavité du pneumatozoïde.

Près de l'extrémité distale, l'entoderme donne naissance à cinq piliers cellulaires qui se dirigent vers l'axe de la cavité du pneumatozoïde et se réunissent pour former une masse commune d'où part un cordon élastique. On peut distinguer, dans ce cordon, plusieurs régions d'aspect différent.

La région initiale est caractérisée par une pigmentation

intense et par la présence d'une large gaîne transparente. Dans la région suivante, la pigmentation diminue et il existe probablement aussi une gaîne dont on retrouve quelques lambeaux. Dans ces deux premières régions, le cordon forme toujours de nombreuses anses. A partir de là, il s'étend directement jusqu'à l'extrémité proximale de la cavité et n'est plus pigmenté.

Lorsque cet organe est très contracté — ce qui est le cas général — les deux premières régions forment un peloton serré, entouré d'une membrane très mince (la gaîne) et le cordon est rompu à une certaine distance du peloton. Il est probable que cet organe sert à modifier la courbure du tube

Il est difficile de déterminer exactement les fonctions des pneumatozoïdes. Peut-être servent-ils à la locomotion. K.-C. Schneider les a pris pour de jeunes gastrozoïdes. Mais cette opinion n'est pas admissible, si l'on tient compte de la dimension de ces zoïdes, du fait qu'ils n'ont pas de bouche et de la présence de l'organe élastique dont la structure est très complexe.

Les gastrozoïdes sont probablement attachés à la tige de la même manière que les pneumatozoïdes. Le filament qui se trouve à leur extrémité proximale serait un fil pêcheur et non pas un pédoncule.

M. Bedot signale à la Société les principaux résultats des campagnes scientifiques faites par S. A. le prince de Monaco. Il montre les services qui ont été rendus à la science, dans le domaine de la biologie marine et de l'hydrographie, par ces explorations poursuivies régulièrement, chaque année, depuis 1884.

M. le prof. Amé Pictet rend compte de la suite de ses recherches sur les *acides organo-minéraux*. Il avait, dans une précédente séance, mentionné le fait que l'acide nitrique et l'acide acétique se combinent à froid pour former l'*acide acétonitrique* $N(OH)_3(OCOCH_3)_2$. Ce composé, qui distille sans altération à 127°,7, constitue le dérivé diacétylé de l'acide hypothétique $N(OH)_5$; son existence prouve

la pentavalence de l'azote dans l'acide nitrique et dans ses hydrates.

M. Pictet a voulu rechercher si d'autres acides ou anhydrides minéraux pouvaient, comme l'acide nitrique, former des anhydrides mixtes avec les acides organiques. Il a constaté que cette réaction est générale et il a pu obtenir de cette manière toute une série de composés nouveaux ; il en a entrepris l'étude avec MM. Genequand et Friedmann et avec Mlle Geleznoff. Les principaux résultats obtenus jusqu'ici sont les suivants :

L'*acide acétosulfurique*, $SO_2(OH)(OCOCH_3)$ prend naissance lorsqu'on fait réagir à basse température l'anhydride sulfurique sur l'acide acétique glacial. Il forme une masse sirupeuse, incristallisable et très hygroscopique. Il est très instable vis-à-vis de la chaleur, qui le convertit en

acide sulfoacétique $CH_2\begin{cases}COOH \\ SO^3H\end{cases}$

L'*acide acétochromique*, $CrO_2(OH)(OCOCH_3)$, se prépare d'une manière analogue en dissolvant l'anhydride chromique dans l'acide acétique et en précipitant par le benzène ou le tétrachlorure de carbone. Séché à 110°, il se présente sous la forme d'une poudre brun-rouge. Chauffé plus haut, il subit une sorte d'auto-oxydation et se décompose violemment en laissant un volumineux résidu d'oxyde de chrome.

L'anhydride phosphorique se dissout de même à froid dans l'acide acétique glacial. L'éther précipite de cette solution l'*acide acétopyrophosphorique* $O\begin{cases}PO(OH)(OCOCH_3) \\ PO(OH)(OCOCH_3\end{cases}$
incristallisable et déliquescent.

Enfin l'acide borique et l'anhydride acétique se combinent vivement à la température de 60° environ, en donnant l'*anhydride acétoborique*, $B(OCOCH_3)_3$. Celui-ci cristallise par refroidissement en larges aiguilles incolores, qui fondent à 120°. Il ne peut être distillé, même sous pression très réduite, et se décompose alors en anhydride acétique et anhydride borique.

Tous ces anhydrides mixtes ont des propriétés chimiques assez semblables. Ils sont décomposés par l'eau, et même par l'humidité de l'air, en régénérant les deux acides constituants. Ils réagissent facilement aussi avec les alcools; il y a formation d'un éther acétique et mise en liberté de l'acide minéral. L'anhydride acétoborique fait seul exception et fournit les éthers boriques et de l'acide acétique. Avec l'ammoniaque on obtient de l'acétamide et le sel d'ammonium de l'acide minéral. Les autres réactions de ces corps sont actuellement à l'étude.

M. le prof. DUPARC communique les premiers résultats du travail entrepris sous sa direction par M. E. BOURCART, sur la *composition chimique des eaux et des vases des lacs de montagne.*

Présentement, les recherches ont porté sur les lacs suivants : lacs de Taney, Champey, lac Noir, lac d'Amsoldingen et lac de Lauenen.

Les premiers résultats de ces recherches ont montré la très grande diversité de composition de l'eau des lacs de montagne qui, à ce point de vue, se distinguent essentiellement des grands lacs de la plaine.

Cette diversité est sous la dépendance immédiate des conditions géologiques du bassin d'alimentation de ces différents lacs.

M. Duparc indique sommairement les méthodes employées par M. Bourcart pour l'analyse des eaux des lacs; la détermination du *Fer* notamment, qui est toujours en très petite quantité, est faite par colorimétrie, au moyen d'une méthode nouvelle basée sur la coloration du sulfocyanure ferrique en solution éthérique. Les matières organiques ont été déterminées par la méthode classique de Marignac. Chacune des déterminations a été répétée pour plus de sûreté.

Ce travail se continue en ce moment sur les autres lacs alpins suisses.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus pour les premiers lacs.

Résultats des analyses (exprimés en milligrammes)

Nom du lac	Résidus secs	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Cl	SO_3	CO_2 [illegible]
Lac Taney	118,9	3,0	0,14	0,96	55,8	5,184	1,2	1,4	0,94	5,8	96,4
Lac Champey	26,9	3,9	0,057	0,29	7,5	0,612	1,3	3,1	2,82	2,7	13,2
Lac Noir	270,5	1,9	0,072	1,23	111,0	10,08	1,23	2,3	1,24	85,5	61,5
Lac d'Amsoldingen	201,7	6,0	0,086	0,41	92,7	5,76	2,2	4,8	3,53	5,42	134,3
Lac de Lauenen	306,3	3,2	0,072	0,328	115,8	13,18	1,5	2,3	0,296	102,2	57,26

M. le prof. Ch.-Eug. Guye présente un appareil de démonstration relatif à la *propagation des mouvements ondulatoires*.

L'analogie entre le mode de propagation des ondes qui se forment à la surface d'une nappe liquide et les ondes sonores, lumineuses ou électromagnétiques, a souvent été invoquée.

Malheureusement, lorsqu'on veut produire ces ondes expérimentalement, les ondes réfléchies sur les bords du récipient ne tardent pas à troubler complètement l'expérience.

On parvient à s'affranchir presque totalement de cette perturbation, en disposant sur tout le pourtour du récipient une quadruple rangée de clous, distants de 5 à 6^{mm}, contre lesquels les ondes viennent se briser et s'absorber dans d'innombrables réflexions.

Cet artifice supprime presque totalement l'onde réfléchie et l'on se trouve alors dans les mêmes conditions que si l'on disposait d'une nappe liquide illimitée.

L'appareil employé est un plateau de bois étanche, de 70 cm sur 40 cm, muni d'un rebord de 3 cm. de haut; on verse à l'intérieur du mercure, de façon à obtenir une nappe réfléchissante de quelques millimètres de profon-

deur. Afin d'obtenir une épaisseur uniforme de mercure sur toute l'étendue, le plateau doit pouvoir être exactement calé au moyen de vis.

Pour rendre les ondes visibles à un auditoire, on peut employer le dispositif suivant: Un faisceau de lumière parallèle venant d'une lampe à arc à courant continu, tombe horizontalement sur une glace sans tain placée au-dessus de la nappe de mercure et inclinée à 45°. Après s'être réfléchi normalement à la surface du mercure, le faisceau traverse successivement la glace et une lentille de grande dimension qui vient former au plafond de la salle une image de la nappe liquide. On pourra alors suivre sur cette image toutes les ondulations qui se produisent à la surface du mercure.

Deux procédés peuvent être employés pour produire les ondulations :

1) On pourra, par exemple, ne produire qu'un ébranlement unique, donnant lieu à quelques ondulations seulement, et suivre la propagation de ces ondes au travers des divers obstacles et surfaces réfléchissantes disposées dans la cuve. Le mieux, dans ce cas, est de prendre une baguette de fer ou de verre, de la placer préalablement dans la position exacte du centre d'ébranlement choisi, et, une fois le calme rétabli, la retirer brusquement.

2) Le second procédé consiste à produire un ébranlelement périodique prolongé, sur un ou plusieurs points de la cuve; chacun de ces centres d'ébranlement étant par exemple l'analogue d'un point lumineux ou d'un corps sonore :

L'appareil employé est un trembleur muni d'un style *fin*. Le plus simple pour cela est d'utiliser une sonnerie électrique, de la munir d'un manche, de supprimer le timbre et de remplacer le battant par une tige se terminant en un style fin et recourbé. Un petit poids curseur, mobile le long de la tige, permettra de faire varier la vitesse de vibration et d'obtenir des ondes de diverses longueurs d'ondulation. Grâce à ce dispositif, il est possible de reproduire avec beaucoup de netteté et de rendre compréhensibles à tout un auditoire, les principaux phé-

nomènes d'interférence : ondes stationnaires au contact d'une paroi plane; dans un tuyau fermé; franges hyperboliques de l'expérience de Fresnel; (dans ce cas, la tige vibrante porte deux pointes fines distantes de quelques centimètres qui toutes deux pénètrent et sortent du mercure simultanément; ces deux points correspondent donc aux deux sources identiques de l'expérience de Fresnel); franges hyperboliques produites par une source et une surface réfléchissante; phénomènes de diffraction produits par les obstacles, etc.

Les obstacles que l'on peut disposer dans la cuve sont généralement façonnés avec du ruban de fer de quelques millimètres d'épaisseur et de 2 cm de hauteur, de façon à ne pouvoir flotter. On donnera à ce ruban des formes variées, rectiligne, elliptique, parabolique, circulaire, etc., et l'on disposera ces obstacles dans la cuve afin d'étudier les déformations qu'ils produisent sur les ondes.

Voici, à titre d'exemple, une liste d'expériences effectuées à l'aide de cet appareil; chacune d'elles peut être faite soit en utilisant le premier mode d'ébranlement, soit le second; les deux procédés se complètent mutuellement et ont l'avantage de mieux faire comprendre le mécanisme de la formation des diverses figures.

Formation des ondes concentriques dans un milieu indéfini; influence du mouvement de la source vibrante; cas où sa vitesse est inférieure, égale ou supérieure à la vitesse de propagation du mouvement ondulatoire.

Réflexion sur une surface rectiligne. Loi de la réflexion; les ondes réfléchies semblent provenir d'un centre d'ébranlement, image virtuelle du centre réel (ébranlement unique).

En utilisant le trembleur, ondes stationnaires très nettes; (analogie avec les tuyaux sonores, l'expérience de Wiener, la photographie Lippmann, les ondes stationnaires électromagnétiques).

Réflexion par des surfaces courbes. a) avec un anneau circulaire; ébranlement central (propagation et ondes stationnaires).

Avec un anneau elliptique; ébranlement focal (propagation et figure des ondes stationnaires).

Segment parabolique; transformation d'une onde rectiligne en une onde circulaire concave.

Segment elliptique; transformation d'une onde convexe en une onde concave.

Deux segments elliptiques; expérience des miroirs conjugués; propagation et ondes stationnaires.

Montrer que dans l'expérience *e*, une partie du mouvement ondulatoire est perdue par diffraction (cas du son ou des ondes électromagnétiques de grande longueur d'onde).

Propagation; *influence des écrans*. Lorsque la dimention des écrans n'est pas très grande relativement à la longueur d'onde, les ondes contournent les obstacles finissent par se rejoindre derrière eux; remarquer les ondes stationnaires en avant de l'écran.

Interférences. *a*) Franges hyperboliques (expérience de Fresnel) avec deux centres d'ébranlement vibrant synchroniquement.

b) Franges hyperboliques obtenues avec une seule source et un miroir plan.

On peut varier dans des limites très larges ce genre d'expériences.

Quand l'appareil vibrant est convenablement réglé, résultat d'ailleurs facile à obtenir, les figures des ondes stationnaires sont d'une fixité remarquable.



BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

August Kundt. Vorlesungen über Experimental Physik. herausgegeben von Karl Scheel. Braunschweig F. Vieweg und Sohn, 1903.

Les éditeurs F. Vieweg und Sohn viennent de faire paraître les leçons de physique professées par Kundt en 1889. Malgré la date un peu ancienne déjà de cet enseignement, l'ouvrage intéressera par la personnalité de son auteur.

Kundt (1839-1894) a été un des physiciens les plus distingués de l'Allemagne. Successivement professeur à Zurich, Würzbourg, Strasbourg, il a succédé en 1888 à Berlin à l'illustre Helmholtz. Élève de Magnus il en a conservé une empreinte ineffaçable et l'on reconnaît d'un bout à l'autre l'expérimentateur habile qui s'est fait connaître par un grand nombre de recherches délicates et ingénieuses. Ce qui frappe le plus dans ce traité si on le compare à d'autres similaires, c'est la sobriété de l'emploi des mathématiques, qualité qui sera sans doute appréciée par bon nombre de lecteurs. On peut souvent y parcourir bien des pages sans trouver la moindre formule algébrique. Les chapitres relatifs à la double réfraction et à la polarisation n'en contiennent par exemple pas une seule. Pour une certaine classe de lecteurs c'est certainement une lacune et un inconvénient mais d'autres y verront profit et avantage et cette réaction contre l'abus du bagage mathématique de certains traités n'est pas pour déplaire à tout le monde. On ne peut nier d'autre part que ce parti pris ne diminue dans une mesure trop considérable l'exposé de certaines questions et pour n'en citer qu'un exemple, le second principe de la thérmodynamique tient tout entier dans une page de texte dans un manuel qui en compte près de 850. C'est peu pour une question de cette importance.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1903

Le 1er, gelée blanche le matin.
2, neige jusqu'au pied des montagnes environnantes; pluie depuis 9 h. du soir; fort vent pendant toute la journée.
3, très fort vent jusqu'à 1 h. du soir; pluie le matin jusqu'à 9 h. du soir.
5, légère gelée blanche le matin; quelques gouttes de pluie à 9 h. du soir.
6, pluie à 7 h. du matin et à 1 h. du soir, arc-en-ciel; fort vent à 10 h. du matin.
7. très forte gelée blanche le matin.
8, neige à 7 h. du matin; quelques flocons à 7 h. du soir; elle disparait pendant la journée.
9, très forte bise le matin jusqu'à 4 h. du soir.
10. très forte gelée blanche le matin.
11, très forte gelée blanche le matin.
13, très forte gelée blanche le matin.
14. très forte gelée blanche le matin; halo solaire à 2 h. 30 m.; halo et couronne lunaire.
15, forte gelée blanche le matin.
16, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.
17, pluie dans la nuit; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
18, forte gelée blanche le matin; pluie à 10 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir.
19, forte gelée blanche le matin.
20, très forte gelée blanche le matin.
21, très forte gelée blanche le matin.
22, forte gelée blanche le matin.
23, gelée blanche le matin.
24, fort vent à 1 h. du soir.
25, forte rosée le matin.
26, forte rosée le matin; pluie de 3 à 4 h. et depuis 9 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.
27, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir; pluie de 4 h. à 7 h. du soir.
28, pluie dans la nuit; brouillard et forte rosée le matin; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
29, pluie à 7 h. du matin.
30, forte gelée blanche le matin; halo solaire à 11 h. 20 m. persistant pendant une partie de l'après-midi.
31, pluie dans la nuit; nouvelle neige sur les montagnes jusqu'à 900 m.; légère averse à 11 h.; grésil à 1 h. 20 m.; arc-en-ciel à 3 h.

GENÈVE — MARS 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	30.4	27.0	24.3	27.90	+ 2.07	24.3	31.6	SSW. 1	SSW. 1	SE. 0	SSW. 1	10.3	0	0	10	3	8.6	1.7	2
2	26.8	25.8	17.7	23.85	- 1.91	14.9	27.2	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 3	SSW. 2	18.4	10	10	10	10	1.4	7.5	6
3	10.4	12.3	19.0	**18.78**	**-11.92**	**10.3**	20.8	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	**20.9**	10	10	10	10	—	**9.4**	**13**
4	29.0	30.7	32.2	29.24	+ 3.60	21.9	32.4	NE. 1	SW. 0	SW. 0	var.	6.3	3	0	1	1	8.9	....	....
5	31.6	30.6	30.1	30.92	+ 5.34	29.7	32.1	SW. 1	SE. 1	SSW. 1	var.	3.8	9	2	10	8	3.8	0.8	1
6	29.2	31.2	34.0	31.15	+ 5.62	29.0	34.0	SSW. 1	SSW. 1	N. 1	var.	8.3	10	10	4	10	0.2	0.7	1
7	33.7	31.9	29.7	32.19	+ 6.72	29.7	34.0	SW. 1	N. 1	S. 0	N. 1	3.1	1	0	3	1	8.8	....	....
8	30.4	31.4	32.0	31.03	+ 5.62	29.9	32.0	N. 0	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	10.5	10	10	7	10	0.2	1.7	3
9	30.4	28.9	27.3	29.30	+ 3.94	26.5	31.6	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 2	18.8	1	7	10	8	3.2	....	....
10	25.9	25.6	26.0	25.63	+ 0.33	26.4	24.7	S. 0	N. 1	SSW. 1	N. 1	2.3	0	0	1	0	8.1	....	....
11	27.4	27.1	26.4	26.85	+ 1.60	25.9	27.9	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.0	1	3	10	5	7.5	....	....
12	26.1	25.9	26.5	26.10	+ 0.90	25.5	26.6	SW. 0	N. 1	NE. 0	N. 1	3.1	10	7	1	7	2.7	....	....
13	27.5	26.8	27.1	27.00	+ 1.85	26.2	27.7	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	4.0	0	0	0	0	8.5	....	....
14	28.1	26.9	26.2	27.06	+ 1.96	26.0	28.2	S. 0	N. 1	N. 0	var.	4.0	1	3	4	1	8.2	....	....
15	25.0	22.9	22.1	23.71	- 1.34	22.0	25.9	SW. 0	N. 1	S. 0	var.	2.1	3	7	10	8	4.4	0.7	1
16	21.8	22.3	25.1	22.76	- 2.25	21.8	25.4	SW. 0	SW. 1	SW. 0	SSW. 1	6.3	10	10	10	10	—	3.6	5
17	27.2	27.5	29.0	27.45	+ 2.49	25.5	29.2	N. 1	NNE. 2	SSW. 0	NNE. 1	6.9	2	3	0	3	6.3	....	....
18	29.3	29.3	33.1	30.39	+ 5.47	29.3	34.9	S. 0	SW. 0	NNE. 1	var.	3.1	9	10	10	10	—	5.0	5
19	36.1	36.3	38.2	36.44	+11.56	35.2	38.5	N. 0	NNE. 2	N. 0	NNE. 1	9.2	0	0	0	0	**9.6**	....	....
20	38.8	38.5	38.0	**38.34**	**+13.50**	37.5	**39.3**	SSW. 1	N. 1	SW. 0	N. 1	2.9	1	5	0	2	8.8	....	....
21	38.3	37.5	37.5	37.79	+12.98	36.6	38.6	SW. 0	N. 1	W. 1	N. 1	3.1	0	0	0	0	8.9	....	....
22	38.3	36.7	35.9	37.03	+12.26	35.4	38.4	S. 0	N. 1	E. 0	N. 1	2.9	0	0	0	0	8.7	....	....
23	34.6	32.1	29.5	32.72	+ 7.98	29.9	35.4	S. 0	N. 1	ENE. 1	N. 1	3.1	0	0	0	0	8.5	....	....
24	29.2	27.7	27.2	28.23	+ 3.52	26.9	29.5	NNW. 1	SSW. 2	E. 0	SSW. 1	8.3	9	9	1	7	5.1	....	....
25	27.4	25.5	23.6	25.75	+ 1.07	22.8	27.5	S. 0	N. 1	NE. 0	NNE. 1	3.4	0	0	0	0	8.0	....	....
26	21.1	19.5	19.6	20.50	- 4.15	18.9	22.5	N. 1	NNE. 1	SSW. 2	SSW. 1	10.5	10	10	10	10	0.9	0.8	2
27	17.3	19.2	27.8	20.90	- 3.73	17.1	28.2	E. 0	SSW. 3	W. 0	SSW. 1	11.5	10	10	10	9	1.4	6.3	7
28	28.8	29.0	30.7	29.08	+ 4.48	28.2	31.1	SSW. 1	ENE. 1	S. 0	var.	5.6	10	5	4	4	7.7	0.3	1
29	32.2	33.1	33.7	32.48	+ 7.90	30.7	33.8	ENE. 1	NE. 1	ESE. 0	var.	3.4	10	8	0	5	3.5	....	....
30	33.4	31.3	31.6	32.33	+ 7.77	31.1	33.7	S. 0	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	9.4	1	10	10	7	4.7	3.8	4
31	30.8	29.4	30.8	30.42	+ 5.87	29.2	31.7	WNW. 1	WSW. 1	E. 1	var.	7.3	6	10	10	7	2.6	1.9	3
Moy.	28.02	28.30	28.78	28.06	+ 3.03							6.99	4.7	5.1	5.0	5.0	159.2	41.2	51

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 2.2	+10.6	+ 6.9	+ 6.86	+ 3.88	+ 2.0	+12.3	80	36	60	61	−18	36	86	....	.....	1225
2	3.6	7.4	5.2	5.86	+ 2.77	2.8	8.9	74	39	67	62	−17	39	87	5.6	+ 0.1	1208
3	5.2	6.2	5.1	5.36	+ 2.16	3.8	7.5	87	80	70	82	+ 4	69	90	5.7	+ 0.2	1270
4	3.8	9.7	3.8	6.01	+ 2.69	2.8	11.5	66	34	81	59	−19	34	81	5.4	0.0	1310
5	1.4	10.5	6.6	5.62	+ 2.19	0.8	12.8	82	49	72	66	−12	41	82	5.5	− 0.1	1273
6	+ 8.0	8.6	4.8	7.13	+ 3.58	+ 2.3	10.4	78	91	69	71	− 7	53	91	5.7	+ 0.1	1290
7	− 0.6	5.8	1.2	3.06	− 0.60	− 1.0	7.7	92	45	72	66	−11	37	92	5.7	0.0	1225
8	0.0	3.6	2.6	1.85	− 1.93	− 0.9	5.0	97	77	58	78	+ 1	62	**97**	....	.....	1235
9	+ 2.0	4.4	3.6	3.25	− 0.65	+ 1.2	6.3	72	52	67	62	−15	50	72	4.8	− 1.0	1250
10	− 2.6	4.4	1.7	**1.56**	− **2.46**	− 2.9	6.7	83	60	72	75	− 2	57	90	5.0	− 0.8	1227
11	− 2.4	6.0	5.8	3.00	− 1.14	− **3.1**	8.2	92	53	64	74	− 2	53	92	5.4	− 0.5	1210
12	+ 2.6	7.4	4.6	5.25	+ 0.99	+ 1.2	9.9	86	49	66	67	− 9	39	86	5.7	− 0.2	1215
13	− 1.4	8.4	3.6	3.76	− 0.62	− 1.9	9.9	95	41	74	73	− 3	41	95	5.5	− 0.5	1183
14	− 1.0	8.7	5.4	4.15	− 0.36	− 2.0	11.5	89	44	75	72	− 4	44	89	5.7	− 0.3	1175
15	− 0.2	9.2	8.0	5.61	+ 0.98	− 1.0	10.6	95	45	60	71	− 4	45	95	....	.....	1155
16	+ 6.0	10.6	7.3	7.64	+ 2.89	+ 5.3	11.9	85	60	78	74	− 1	58	88	5.9	− 0.3	1160
17	4.6	9.4	5.0	6.34	+ 1.46	+ 2.0	11.0	93	63	81	80	+ 5	57	93	6.4	+ 0.2	1147
18	1.0	10.4	6.4	5.47	+ 0.47	0.0	11.2	93	61	76	**84**	+ **9**	61	93	6.6	+ 0.3	1137
19	+ 2.4	8.8	5.0	5.69	+ 0.56	+ 0.8	10.2	88	47	72	67	− 7	35	90	6.2	− 0.1	1150
20	− 0.4	7.6	5.0	4.56	− 0.70	− 1.0	11.4	92	65	70	73	− 1	45	92	6.4	0.0	1135
21	+ 0.1	10.0	7.2	5.37	− 0.01	− 0.6	11.3	92	53	74	72	− 2	53	92	6.4	− 0.1	1137
22	2.4	11.6	7.6	6.93	+ 1.42	+ 1.9	13.8	89	57	73	73	− 1	57	89	....	.....	1145
23	2.4	12.4	10.3	8.52	+ 2.88	1.8	15.2	93	51	63	67	− 6	49	93	7.0	+ 0.4	1122
24	8.2	17.9	12.5	**12.19**	+ **6.42**	5.3	19.8	47	24	49	**44**	−**29**	**24**	62	7.4	+ 0.7	1120
25	6.0	13.4	11.2	9.78	+ 3.88	4.9	17.3	82	54	65	68	− 5	54	82	7.6	+ 0.9	1120
26	6.6	14.0	12.8	11.22	+ 5.19	6.3	**20.2**	91	44	60	61	−12	**24**	91	7.5	+ 0.7	1122
27	9.3	13.3	5.4	8.64	+ 2.47	5.0	18.5	76	62	88	77	+ 4	62	91	7.8	+ 0.9	1137
28	2.6	12.7	10.8	8.38	+ 2.08	2.4	16.0	96	54	59	73	0	43	96	7.2	+ 0.2	1165
29	9.0	13.2	7.9	10.31	+ 3.86	5.5	14.9	84	54	70	66	− 6	43	84	....	.....	1145
30	2.3	13.4	9.6	8.26	+ 1.70	0.9	14.5	88	42	54	63	− 9	38	90	7.3	+ 0.2	1102
31	+ 5.4	+ 7.6	+ 4.4	+ 6.34	− 0.36	+ 4.0	+10.0	63	54	87	68	− 4	53	86	7.0	− 0.2	1085
Mois	+ 2.85	+ 9.59	+ 6.36	+ 6.27	+ 1.66	+ 1.57	+11.82	85	53	69	69	− 6			6.25	+ 0.13	1148

MOYENNES DE GENÈVE. — MARS 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.61	27.35	27.77	28.17	27.54	26.93	27.40	27.21	27.50
2e »	28.30	28.31	28.72	29.00	28.36	27.95	28.78	29.46	28.61
3e »	30.32	29.85	30.13	30.15	29.18	28.87	29.41	30.08	29.75
Mois	28.79	28.55	28.92	29.14	28.39	27.95	28.56	28.95	28.66

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 3.38	+ 2.98	+ 2.30	+ 5.00	+ 7.12	+ 7.36	+ 5.25	+ 3.87	+ 4.66
2e »	+ 2.84	+ 1.49	+ 1.12	+ 6.21	+ 8.63	+ 8.88	+ 7.34	+ 4.65	+ 5.15
3e »	+ 6.36	+ 4.95	+ 4.94	+10.05	+12.68	+12.04	+10.41	+ 8.54	+ 8.74
Mois	+ 4.26	+ 3.20	+ 2.85	+ 7.18	+ 9.59	+ 9.51	+ 7.75	+ 5.78	+ 6.27

Fraction de saturation en %

1re décade	79	81	81	66	56	52	63	69	68
2e »	83	91	91	70	53	56	70	74	74
3e »	78	80	82	62	50	55	59	67	67
Mois	80	84	85	66	53	54	64	70	69

Dans ce mois l'air a été calme 376 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{75}{46} = 1.64$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°.85 E.

Son intensité est égale à 15.4 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique......	728.70
Nébulosité..................	4.9
Température $\frac{7 + 1 + 9}{3}$ ..	+ 6°.27
Température $\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$ ..	+ 6°.29
Fraction de saturation........	69 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	725.03
Nébulosité..	(1847-1875).	6.1
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	47mm.3
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	+ 4°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875)	75 %





Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Châtelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm.	54.7	46 9	43.8	41.1	49.0	48.0	56.8

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm.	49.3	44.2	37.0	38.8	31.0	41.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 163 h.6.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1903

Le 1er, forte bise le matin; fort vent le soir; neige.
2, forte bise le matin; violent vent le soir; neige.
3, fort vent le matin; très forte bise le soir; neige.
4, forte bise le matin et le soir; neige.
6, très forte bise le soir; neige.
7. très forte bise pendant tout le jour; neige.
8, très forte bise pendant tout le jour.
9, forte bise le matin et l'après-midi.
11, fort vent à 1 h. du soir.
12, fort vent le matin.
13, forte bise le matin.
14, fort vent l'après-midi.
15, fort vent pendant tout le jour; neige le soir.
16, fort vent le matin; neige et pluie.
17. forte bise le matin; neige et pluie.
18, forte bise le soir; neige; grande sécheresse de l'air, 6 % à 6 h. du soir.
19, forte bise le matin; neige et pluie.
22, fort vent le soir.
24, fort vent à 1 h. du soir.
25, fort vent le soir.
26, violent vent pendant tout le jour.
27, violent vent pendant tout le jour; neige.
28, fort vent le matin; bise le soir.
29, fort vent le matin; pluie.
30, très fort vent à 1 h. du soir.
31, très forte bise pendant tout le jour; neige le soir.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.9	61.8	60.9	61.9	+ 2.2	60.0	63.3	NE. 2	SW. 0	SW. 2	var.	2	0	1	1	20.0	25
2	58.6	59.3	56.1	58.0	− 1.7	55.0	60.0	NE. 2	NE. 1	SW. 4	var.	10	4	6	7	21.9	24
3	49.2	49.9	54.0	**51.0**	− **8.7**	**49.0**	55.1	SW. 2	NE. 1	NE. 3	var.	10	10	10	10	**29.2**	**27**
4	61.8	62.7	66.8	63.8	+ 4.1	58.1	67.0	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	5	0	0	2	....	....
5	66.5	66.7	66.9	66.7	+ 7.0	66.0	67.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	7	2	3	....	....
6	65.0	64.1	64.1	64.4	+ 4.7	63.9	66.0	SW. 1	NE. 1	NE. 3	var.	8	10	10	9	10.3	7
7	63.0	62.3	62.2	62.5	+ 2.8	62.0	63.9	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	5	0	0	2	...	....
8	60.8	61.0	61.0	60.9	+ 1.2	60.5	61.3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	3	10	4	6	....	....
9	60.5	60.5	59.8	60.3	+ 0.6	59.5	60.8	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	3	0	4	....	....
10	58.9	59.5	60.4	59.6	− 0.1	58.5	60.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
11	60.6	61.1	61.5	61.1	+ 1.4	60.0	61.9	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	1	2	1	....	....
12	60.5	60.7	61.4	60.9	+ 1.2	60.2	61.6	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	7	5	3	5	....	...
13	61.4	61.3	62.4	61.7	+ 2.0	61.3	62.7	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	0	1	....	....
14	62.7	62.9	62.6	62.7	+ 3.0	62.5	63.0	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	0	2	4	2	....	....
15	61.7	61.2	60.7	61.2	+ 1.5	60.5	62.0	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	8.5	4
16	59.3	59.2	59.9	59.5	− 0.2	59.8	60.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	8	7	8	9.5	6
17	60.8	62.0	63.5	62.1	+ 2.3	60.3	63.9	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	8	0	6	....	....
18	64.3	65.0	65.9	65.1	+ 5.3	64.0	66.2	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	2	8	10	7	9.5	7
19	67.1	68.3	70.7	68.7	+ 8.9	66.5	71.0	NE 2	NE 1	NE. 1	NE. 1	0	3	1	1	....	....
20	71.0	71.2	72.6	71.6	+ 11.7	71.0	72.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
21	72.6	73.2	73.4	73.1	+ 13.2	72.5	73.7	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
22	73.8	72.7	73.6	**73.4**	+ **13.5**	72.4	**73.8**	SW. 0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	0	0	0	....	....
23	72.3	71.3	70.1	71.2	+ 11.3	70.0	73.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
24	67.1	66.6	66.8	66.8	+ 6.8	66.1	69.1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	3	0	1	....	..
25	66.3	66.6	65.4	66.1	+ 6.1	65.2	66.8	SW. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 1	10	6	10	9	....	....
26	64.1	63.6	63.6	63.8	+ 3.7	63.0	65.0	SW. 3	SW. 4	SW. 4	SW. 4	10	7	10	9	....	....
27	60.4	59.8	60.9	60.4	+ 0.3	59.5	61.2	SW. 4	SW. 4	SW. [illegible]	SW. 4	10	10	10	10	13.2	11
28	64.0	65.9	67.6	65.8	+ 5.7	62.0	67.8	SW. 2	SW. 1	NE. 2	var.	8	6	10	8	1.0	1
29	65.9	66.8	68.1	66.9	+ 6.7	65.4	68.5	SW. 2	NE. 1	NE. 1	var.	7	10	10	9	....	...
30	67.9	67.1	65.6	66.9	+ 6.6	64.0	68.0	NE. 1	SW. 3	NE. 1	var.	0	8	10	6	8.7	7
31	61.1	59.7	61.4	60.6	+ 0.3	59.6	64.0	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	...	....
Mois	63.62	63.68	64.15	63.83	+ 4.12							4.7	4.9	4.5	4.7	131.8	119

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-11.9	- 6.6	- 8.2	- 8.9	- 0.7	-12.7	- 2.9	93	52	61	69	45	95
2	- 9.8	- 5.8	- 8.2	- 7.9	+ 0.3	-10.4	- 5.8	98	42	70	70	40	100
3	- 9.0	- 4.5	- 8.4	- 7.3	+ 0.8	-10.7	- 3.5	80	82	98	87	79	85
4	-10.0	- 8.3	- 9.2	- 9.2	- 1.2	-11.0	- 8.1	98	81	33	71	28	99
5	- 8.6	+ 2.0	- 3.0	- 3.2	+ 4.8	-10.4	+ 4.2	44	31	53	43	26	58
6	- 2.4	- 1.1	-10.5	- 4.7	+ 3.2	-11.0	+ 1.5	98	80	100	93	58	100
7	-13.3	-10.4	-13.8	-12.5	- 4.6	-14.4	-10.2	99	90	93	94	41	100
8	-15.0	-10.4	-13.4	-12.9	- 5.1	-16.9	-10.2	90	95	85	90	41	95
9	-14.0	- 6.6	-11.8	-10.8	- 3.1	-15.1	- 6.0	96	61	70	76	50	98
10	-11.4	- 6.2	-10.7	- 9.4	- 1.8	-14.0	- 5.2	59	44	63	55	38	75
11	-12.4	- 6.2	-10.6	- 9.7	- 2.1	-14.0	- 5.0	56	56	90	67	44	91
12	-10.2	- 5.8	- 9.4	- 8.5	- 1.0	-11.5	- 3.5	96	61	75	77	48	98
13	-10.8	- 5.6	- 8.7	- 8.4	- 1.0	-12.0	- 4.1	75	55	63	64	38	76
14	-10.2	- 5.2	- 7.8	- 7.7	- 0.4	-11.4	- 4.5	60	72	100	77	35	100
15	- 8.6	- 7.6	- 8.0	- 8.1	- 0.9	- 9.1	- 7.4	100	100	100	100	100	100
16	- 7.8	- 4.9	- 6.2	- 6.3	- 0.8	- 8.7	- 4.8	100	100	100	100	100	100
17	- 7.6	- 2.7	- 6.4	- 5.6	+ 1.5	- 8.0	- 2.4	100	87	54	80	36	100
18	- 5.5	+ 1.0	- 4.8	- 3.1	+ 3.9	- 7.4	+ 1.8	7	24	100	44	[illegible]	100
19	- 9.5	- 3.7	- 7.8	- 7.0	- 0.1	- 9.9	- 3.6	99	33	78	70	30	100
20	- 5.6	- 2.2	- 3.7	- 3.8	+ 3.0	- 8.4	+ 0.5	33	31	59	41	28	64
21	- 4.0	+ 3.9	- 2.0	- 0.7	+ 6.0	- 6.2	+ 5.2	52	39	63	51	35	68
22	- 0.7	+ 3.7	+ 0.6	+ 1.2	+ 7.8	- 2.8	+ 5.4	37	35	45	39	31	65
23	- 2.4	+ 2.2	- 0.7	- 0.3	+ 6.2	- 3.0	+ 2.9	47	46	65	53	45	70
24	- 4.5	+ 1.1	- 1.3	- 1.6	+ 4.8	- 4.7	+ 2.2	59	53	94	69	50	95
25	- 3.9	- 0.8	- 2.4	- 2.4	+ 3.9	- 4.3	- 0.3	100	86	100	95	80	100
26	- 4.8	- 4.2	- 4.8	- 4.6	+ 1.6	- 6.2	- 2.6	100	60	100	87	59	100
27	- 4.4	- 4.1	- 4.6	- 4.4	+ 1.7	- 5.7	- 4.0	100	100	100	100	99	100
28	- 5.5	- 3.4	- 2.6	- 3.8	+ 2.1	- 7.2	- 2.4	100	74	100	91	70	100
29	- 3.9	- 0.1	- 3.8	- 2.6	+ 3.2	- 4.2	+ 0.8	100	88	100	96	80	100
30	- 6.9	- 1.3	- 5.4	- 4.5	+ 1.2	- 7.0	+ 0.9	32	50	100	61	30	100
31	- 9.2	- 8.2	-10.2	- 9.3	- 3.7	-10.8	- 5.8	95	95	95	95	85	98
Mois	- 7.86	- 3.61	- 6.70	- 6.06	+ 1.26	- 9.33	- 2.48	78	65	81	75		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	60.72	60.78	61.22	60.91	85	66	73	75
2e »	62.94	63.29	64.12	63.46	73	62	82	72
3e »	66.86	66.66	66.93	66.82	75	66	87	76
Mois	63.62	63.68	64.15	63.83	78	65	81	75

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 10.54	— 5.79	— 9.72	— 8.68	— 8.94
2e »	— 8.82	— 4.29	— 7.34	— 6.82	— 6.95
3e »	— 4.56	— 1.02	— 3.38	— 2.99	— 3.08
Mois	— 7.86	— 3.61	— 6.70	— 6.06	— 6.22

Dans ce mois l'air a été calme 22 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{81}{82} = 0.99$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W. Son intensité est égale à 1.08 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	70.6	53.6	40.5	131.8
Neige en centimètres....	12cm	38cm	59cm	119cm

QUELQUES EXPÉRIENCES FONDAMENTALES

SUR LES

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES

PAR

Henri VEILLON

Selon l'opinion de la plupart des physiciens modernes, on doit envisager les phénomènes électriques comme des modifications s'opérant dans les diélectriques. Les ingénieuses conceptions de Faraday et de Maxwell, fortes de l'appui considérable des célèbres expériences de Hertz, devinrent la base des théories actuelles qui sont à la fois si merveilleusement hardies et si étrangères aux notions classiques de l'action à distance. On ne tarda pas à entrevoir la possibilité d'une explication des phénomènes électriques par les procédés familiers à l'optique. Séduit par l'accord prodigieux que Fresnel et ses continuateurs parvinrent à établir pour la lumière entre les faits et la théorie, on s'attaqua de toute part et avec passion aux problèmes que faisaient surgir à chaque pas les idées nouvelles. Plusieurs découvertes et inventions sont dues à cette puissante impulsion, et il en est déjà qui sont sorties du

cabinet du savant pour entrer dans la vie pratique. Avec une confiance sans cesse grandissante on rechercha des analogies entre les phénomènes électriques et plusieurs physiciens considèrent peut-être dès aujourd'hui la partie comme gagnée.

Quoiqu'il en soit, la nouveauté relative des tentatives faites dans le but d'établir avec une évidence absolue ces analogies nous semble suffisante pour écarter toute idée de présomption vis-à-vis de savants distingués et d'expérimentateurs habiles si nous reprenons quelques-unes de ces expériences pour les soumettre à un nouveau contrôle indépendamment de toute idée préconçue et de tout résultat déjà acquis.

C'est dans ce sens que nous désirons qu'on envisage les quelques expériences qui vont suivre. Elles méritent qu'on s'y arrête en raison de leur importance fondamentale pour la théorie des oscillations électriques.

I. *Transversalité des ondes électriques.*

Une des questions les plus importantes dans la recherche de ces analogies est celle qui vise la nature des oscillations. En partant des équations de Maxwell, et en supposant l'excitateur des ondes électriques situé à très grande distance d'un élément d'une surface d'onde, on arrive à ce qu'on nomme les équations des rayons électriques. Celles-ci à leur tour permettent d'établir que la composante de la force suivant la direction même du rayon est nulle, et que ce ne sont que les composantes normales au rayon qui entrent en jeu. En d'autres termes, la théorie prévoit la transversalité des radiations électromagnétiques. Hertz soumit ce

résultat très important à l'expérience au moyen de son résonateur circulaire. Depuis ces travaux mémorables, toute une série d'autres appareils explorateurs du champ électromagnétique furent inventés, et l'outillage du physicien en a été augmenté au point que M. Righi, dans un mémoire fort intéressant présenté au Congrès international de Physique à Paris, ne compte pas moins de vingt méthodes y relatives[1]. Quelques-unes n'ont pour but que de révéler simplement l'existence des ondes en un point du champ, tandis que d'autres permettent de mesurer l'énergie recueillie par l'organe sensible. Les instruments permettant de pareilles mesures sont évidemment les plus importants, mais ils présentent malheureusement pour la plupart l'inconvénient d'être très délicats à manier et difficiles à soustraire aux influences étrangères. Dans le choix d'une méthode de mesure il faudra donc se laisser guider par le point de vue de la facilité du maniement aussi bien que par celui de la sensibilité de l'organe récepteur. Le cohéreur nous parut remplir ces deux conditions. Il est vrai que dans l'origine on ne lui a demandé que d'être un simple appareil révélateur, et dans la plupart des travaux auxquels il a servi on ne le rencontre que comme tel ; son jeu capricieux paraît l'exclure d'un dispostitif pour mesures précises. Lorsqu'on s'est toutefois familiarisé avec lui, on reconnaît que son inconstance peut être sensiblement réduite, sinon évitée complètement, en observant de certaines précautions, et qu'il peut rendre des services appréciables pour une

[1] A. Righi. Les ondes hertziennes. *Congrès international de physique. rapports*, t. II, p. 301.



première approximation. Les expériences suivantes relatives à la transversalité des ondes électriques furent exécutées avec cet instrument.

Le cohéreur qui nous parut le plus approprié se composait d'un tube en verre de 7 cm. de long sur 1 cm. de diamètre, fermé à ces deux bouts par des bouchons de liège, et remplis de tournure de cuivre, pas trop fine, additionnée d'un petit peu de nickel. Deux tiges de cuivre de 3 mm. d'épaisseur pénétraient à travers les bouchons dans l'intérieur du tube, et leurs extrémités en regard se trouvaient à environ 1,5 cm. de distance l'une de l'autre. Ces électrodes avaient une longueur telle que les deux extrémités extérieures étaient distantes d'environ 40 cm. l'une de l'autre. Un tube de laiton à paroi épaisse, aussi long que le tube en verre, était glissé sur ce dernier et formait ainsi un écran métallique destiné à soustraire le cohéreur proprement dit à l'action des ondes en ne laissant agir celles-ci directement que sur les électrodes. Chaque électrode portait enfin un petit godet à mercure, ce qui permettait d'intercaler le cohéreur dans un circuit après l'action des ondes électriques et sans aucune secousse. Ce circuit formait une dérivation d'un circuit principal composé lui-même d'une pile sèche fermée sur une résistance de 100 ohms. La dérivation comprenait, outre le cohéreur, encore un galvanomètre, et se trouvait établie de telle manière que la force électromotrice appliquée aux électrodes du cohéreur était de 0,1 volt. La sensibilité du galvanomètre était réglée de façon à ce que le dernier trait de l'échelle aurait dû se présenter dans la lunette d'observation si la résistance du cohéreur était tombée exactement à

zéro. Par une expérience préalable avec un rhéostat substitué au cohéreur, on avait construit une échelle ad hoc permettant la lecture immédiate des résistances.

Quelques premiers essais nous firent voir que le cohéreur devenait apte à fournir des mesures lorsque sa sensibilité était réglée de telle façon que la résistance, pratiquement infinie au début, ne tombât pas en dessous de 40 ohms et ne restât pas supérieure à 70 ohms quand l'énergie recueillie par le cohéreur était la plus grande possible. En enfonçant plus ou moins les électrodes et en modifiant la quantité de tournure de cuivre dans le tube, cela s'obtenait aisément. Après ce réglage, des mesures répétées dans des conditions apparemment identiques présentaient toujours des écarts qu'il était impossible de faire disparaître, mais qui étaient cependant suffisamment réduits pour fournir des moyennes sûres et utiles à condition de faire dans chaque cas un nombre considérable d'expériences.

L'oscillateur était formé de deux tiges de laiton de 40 cm. chacune et mesurant 1 cm. d'épaisseur. Ces tiges étaient disposées sur une même ligne droite et leurs extrémités en regard portaient des boules de laiton de 2 cm. de diamètre, munie chacune d'une calotte en platine. Immédiatement en arrière des boules venaient se fixer deux fils conduisant aux bornes d'une bobine d'induction. Cette dernière était ou bien une bobine grand modèle de Carpentier ou bien une bobine de Klingelfuss à noyau de fer fermé. Nous ne laisserons pas échapper cette occasion de remercier de notre mieux M. Klingelfuss pour l'empressement qu'il a bien voulu mettre à nous prêter un de ses excellents appareils, si distingués par leur grand rendement.

Oscillateur et cohéreur se trouvaient à 1,5 m. au-dessus du sol et distants de 4 m. l'un de l'autre. La puissance de l'action dépend beaucoup du nombre des étincelles employées lorsqu'on ne fait jaillir celles-ci qu'une à une, ou bien de la durée du jet lorsqu'on fait fonctionner la bobine avec un interrupteur Deprez. C'est pourquoi nous fîmes différentes séries d'expériences. Dans la première on faisait chaque fois jaillir trois étincelles successives en rompant le courant primaire à la main, après cela on observait la résistance du cohéreur. Dans la seconde série, on faisait jouer trois fois de suite l'interrupteur Deprez pendant une demi-seconde avant d'observer la résistance à laquelle tombait le cohéreur. Les deux modes produisirent des résultats quantitativement différents mais absolument concordants pour le caractère des phénomènes.

Le problème qui se posait était de mesurer l'action produite pour toutes les positions relatives que le cohéreur et l'oscillateur pouvaient affecter.

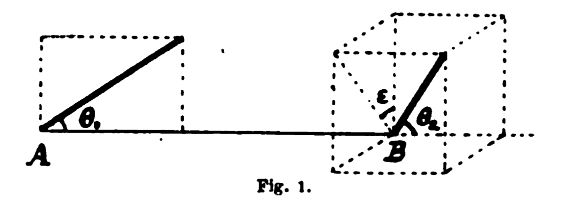


Fig. 1.

Soit dans la fig. 1 en A le milieu de l'oscillateur et en B le milieu du cohéreur. Soient Θ_1 et Θ_2 les angles compris entre leurs directions respectives et la ligne fondamentale reliant les milieux. Désignons enfin par ε l'angle dièdre des plans que AB détermine d'une part avec l'axe du cohéreur et d'autre part avec l'axe de

l'oscillateur. Toutes les positions possibles s'épuisent en faisant varier ε, Θ_1, Θ_2 de zéro à π. Nous nous sommes bornés à donner à ces trois angles les valeurs :

0° 45° 90° 135°

c'est-à-dire de sauter de quart en quart de tour. La dernière valeur de 180° était superflue, puisqu'elle reproduit simplement la position initiale de 0°. En combinant ces quatre valeurs pour chacun des trois angles, on obtient 64 positions possibles, mais, comme il ne s'agit dans notre problème que d'orientations relatives de deux droites qui ne sont pas des vecteurs, ces positions se réduisent à 20 géométriquement distinctes. On s'en assure aisément à l'aide d'un modèle confectionné avec des aiguilles à tricoter et des bouchons de liège, et permettant de faire varier les angles. Après avoir ainsi éliminé les positions superflues, il reste les suivantes, dont chacune est désignée par une lettre :

ε	Θ_1	Θ_2	
0	0	0	A
		45	B
		90	C
	45	0	D
		45	E
		90	F
		135	G
	90	0	H
		45	I
		90	K

ε	Θ_1	Θ_2	
45	45	45	L
		90	M
		135	N
	90	45	O
		90	P
90	45	45	Q
		90	R
	90	45	S
		90	T
135	45	135	U

Pour faciliter l'aperçu de toutes ces positions qui doivent être soumises à l'expérience, nous faisons sui-

vre la figure 2 dans laquelle l'oscillateur est sensé être à gauche et le cohéreur à droite. On y voit en outre que l'axe de ce dernier peut toujours se placer horizon-

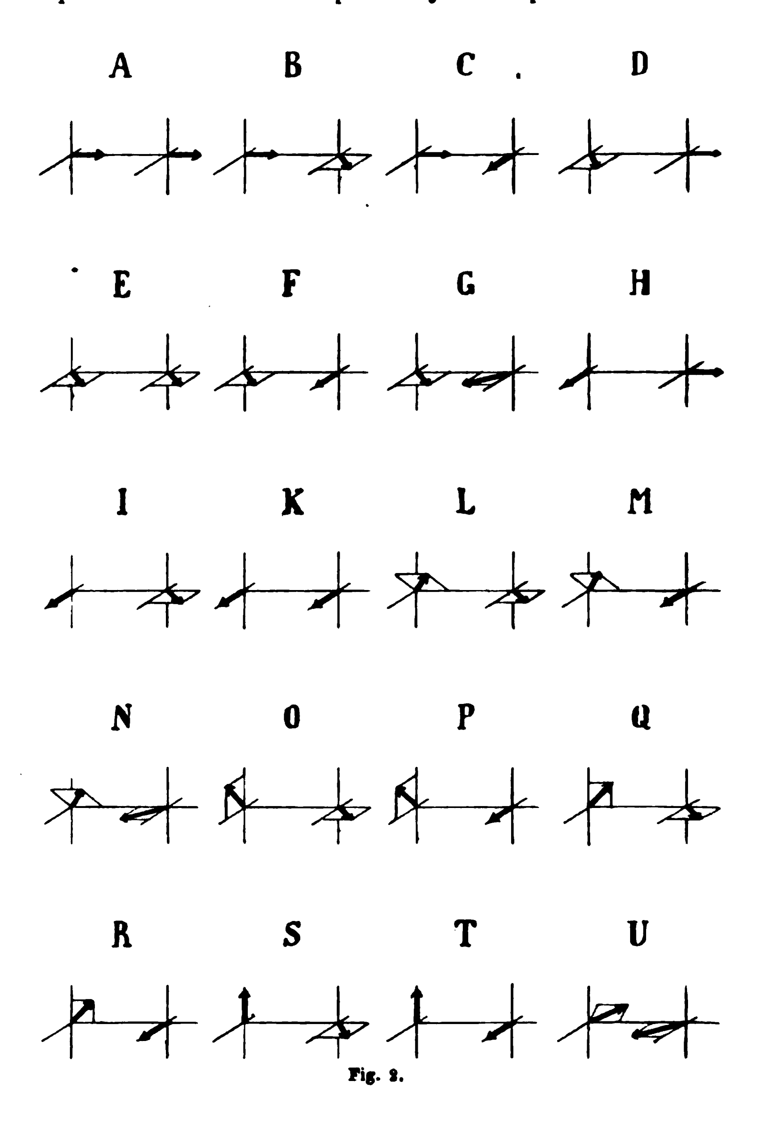


Fig. 2.

talement, ce qui est une condition indispensable pour obtenir de la constance dans les expériences.

Ces expériences furent répétées plusieurs fois avec trente mesures pour chacune des positions, et le résultat eut toujours le même caractère. Le tableau suivant donne une de ces séries; les valeurs sont indiquées en ohms.

A	B	C	D	E
∞	∞	∞	∞	190
F	G	H	I	K
71	139	∞	87	34
L	M	N	O	P
310	144	430	165	97
Q	R	S	T	U
∞	∞	∞	∞	250

L'action atteint son maximum dans la position K, c'est-à-dire lorsque les axes de l'oscillateur et du cohéreur sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la base. Nous dirons alors que l'oscillateur et le cohéreur se trouvent dans leurs positions principales. Dans neuf positions l'action est nulle, et dans les dix qui restent elle a certaines valeurs intermédiaires. Si maintenant la loi de la transversalité des oscillations est exacte, il faut que l'action soit proportionnelle au produit des cosinus des angles que l'oscillateur et le cohéreur forment avec la direction de leurs positions respectives. Or nous ne connaissons pas la relation fonctionnelle qui relie la diminution de résistance d'un cohéreur à la grandeur de l'action. C'est pourquoi nous en sommes réduits à nous contenter de constater si les résistances observées vont décroissant lorsque le produit des cosi-

nus augmente, et si dans les positions où ce produit est le même, les résistances sont égales. Il faudra enfin que pour des positions où le produit est zéro, la résistance soit infinie. Groupées à ce point de vue, nos expériences se résument dans le tableau suivant :

Position	Produit des cosinus	Résistance
K	1	34 ohms
F		71 ohms
I	0,7	87 »
P		67 »
E		190 »
G		139 »
M	0,5	144 »
O		165 »
L		310 »
N	0,4	420 »
U		301 »
ABC		
DHQ	0	tous ∞
RST		

En tenant compte des imperfections du cohéreur, qui subsistent malgré toutes les précautions, et qui en compliquent l'emploi pour des mesures, les valeurs contenues dans ce tableau peuvent être déclarées conformes aux exigences de la théorie et en particulier à la loi des cosinus. On conviendra même que cette méthode fournit des résultats aussi sûrs que celle du résonateur dans laquelle on mesure les forces par la longueur et la fréquence des petites étincelles. Nous nous permettrons donc de considérer les nombres ci-dessus comme une nouvelle preuve de la transversalité des oscillations électromagnétiques.

II. *Effet d'un réseau sur les ondes électriques.*

Une autre expérience très importante pour la théorie, et à laquelle le procédé du cohéreur s'applique également avec succès, est celle où l'on place sur le passage des rayons électromagnétiques un réseau de fils métalliques. L'étude du phénomène fut entreprise il y a déjà une douzaine d'années par MM. Rubens et Ritter au moyen du bolomètre[1]. Nous avons repris ces expériences en y appliquant le cohéreur et en les étendant encore aux différents cas où le plan du réseau n'est plus perpendiculaire à la direction des rayons.

Nous nous servîmes de deux petits miroirs paraboliques de Hertz tournés l'un contre l'autre, avec leurs axes parallèles horizontaux et situés à 1,5 m. au-dessus du sol. La distance entre les axes des miroirs était de 4 m. Dans l'un se trouvait l'oscillateur, dans l'autre le cohéreur; ces deux organes se trouvaient donc dans la position K du paragraphe précédent. Les miroirs en zinc avaient 57 cm. de longueur d'axe, 40 cm. d'ouverture et 4 cm. de foyer. Le réseau était fait de fils de cuivre parallèles de 1,5 mm. d'épaisseur, montés avec des intervalles de 1,5 cm. sur un cadre de bois, et avait 80 cm. dans les deux sens. Son centre restait toujours situé sur le milieu de la base, donc à 2 m. de l'axe de chaque miroir. La figure 3 donne un aperçu des différentes orientations dont le réseau est susceptible. Elle ne contient que les orientations extrêmes sans les posi-

[1] Rubens u. Ritter. Ueber das Verhalten von Drahtgittern gegen elektrische Schwingungen, *Wied. Ann.*, t. XL, p. 55, 1899.



tions intermédiaires qui en sont distantes de chaque fois 45°.

Dans ces dessins on imagine l'œil de l'observateur au milieu du cohéreur et visant l'étincelle; cette ligne (base) est perpendiculaire au papier dans le centre de chaque figure. Les boules de l'oscillateur sont figurées par deux cercles. Dans A et B le plan du réseau est normal à la base, dans les autres il passe par la base. Dans C et F les fils du réseau sont normaux à la base, dans D et E ils lui sont parallèles. En dehors de ces six positions principales, les six positions intermédiaires furent également soumises à l'expérience. Dans chaque orientation on fit cent mesures qui donnèrent en ohms les moyennes suivantes :

	Positions principales	Positions intermédiaires
A	433	
		222
B	94	
		86
C	77	
		77
D	76	
		75
E	77	
		264
F	471	
		463
A	433	

On voit que les prévisions de la théorie de la polarisation des ondes électromagnétiques se justifient dans toutes les positions à l'exception de F qui devrait n'offrir aucun obstacle à la propagation. Ceci est un cas où l'analogie avec les rayons lumineux fait défaut, ainsi

que MM. Hagenbach-Bischoff et Zehnder l'ont déjà reconnu dans leur étude des phénomènes de Hertz[1].

Ce défaut d'analogie va du reste se retrouver dans les expériences suivantes qui nous donneront lieu de le discuter.

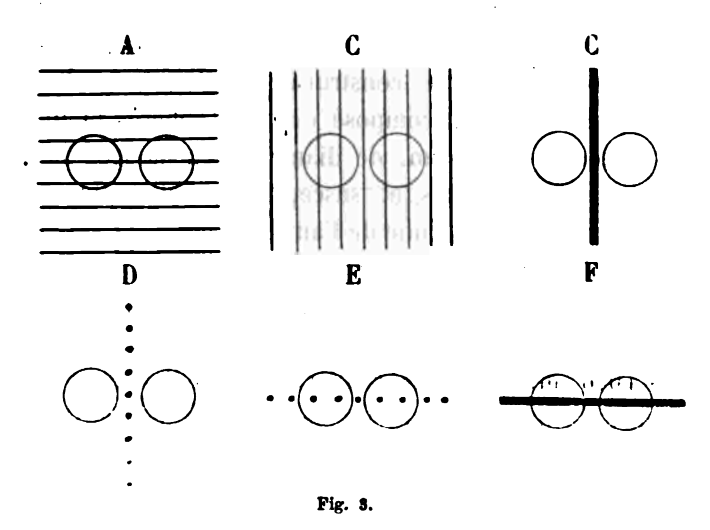


Fig. 3.

III. *Interférences d'ondes directes et d'ondes réfléchies par une paroi métallique.*

La recherche d'analogies entre les phénomènes électriques et optiques conduisit forcément à l'étude des interférences. On a en particulier tenté de reproduire l'expérience des miroirs de Fresnel et sa modification, due à Lloyd, qui n'exige qu'un seul miroir. La disposition de celle-ci est fort simple, et cela nous fit espérer

[1] Hagenbach u. Zehnder. Die Natur der Funken bei den Hertz'schen elektrischen Schwingungen, *Wied. Ann.*, t. XLIII, p. 619, 1891.

de pouvoir y appliquer avec succès la méthode employée jusqu'ici. M. Righi est à notre connaissance le premier qui ait fait cette expérience dans le but indiqué; elle se trouve décrite dans son ouvrage bien connu sur *L'Optique des oscillations électriques*. Pour la reproduire, nous nous sommes tenus le plus possible aux prescriptions de ce savant en ce qui concerne la production des ondes. Nous construisîmes selon ses indications un oscillateur composé de deux sphères pleines en laiton, de 3,75 cm. de diamètre, enchassées dans des bagues isolantes et susceptibles d'être plus ou moins rapprochées l'une de l'autre.

Deux étincelles latérales, beaucoup plus longues que la distance explosive centrale, servent à la charge. Un pareil oscillateur doit fournir, selon M. Righi, des ondes de 10,6 cm. de longueur. L'axe de l'oscillateur, c'est-à-dire la droite reliant les centres des deux grosses sphères et suivant laquelle jaillissent aussi les trois étincelles, était constamment parallèle à l'axe du cohéreur, et l'on eut toujours soin de faire en sorte que ce ne soit que l'étincelle courte du milieu qui produise un effet sur le cohéreur, tandis que les deux longues étincelles latérales restent sans action. A cet effet on supprimait pour un instant l'étincelle centrale en intercalant un coin métallique entre les grosses sphères et en allongeant les étincelles latérales jusqu'à ce que le cohéreur devint insensible à leur action. Il fallait quelquefois aussi réduire la sensibilité du cohéreur. Cela fait, on retirait le coin métallique et l'on réglait l'étincelle de manière à obtenir le plus grand effet possible. La réflexion s'opérait sur une paroi en zinc de 2 m. sur 1 m., placée horizontalement, le côté long dirigé

suivant la base. L'axe du cohéreur et celui de l'oscillateur se trouvaient donc parallèles au plan de réflexion, et ce dernier pouvait se déplacer parallèlement à lui-même. Soit dans la figure 4 en A l'oscillateur et en B le récepteur ayant leurs axes perpendiculaires au papier, et soit T la feuille de zinc également normale au papier.

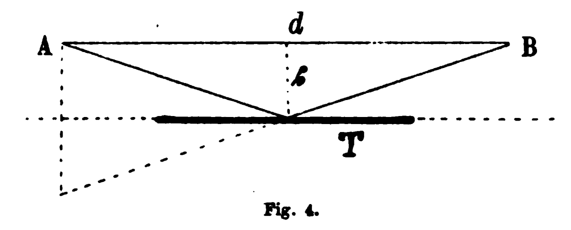


Fig. 4.

En désignant par *d* la distance AB, et par *h* la distance de la base au plan réflecteur la différence géométrique entre les chemins d'un rayon direct et d'un autre brisé par réflexion sera :

$$\Delta = \sqrt{d^2 + 4h^2} - d$$

d'où :

$$h = \frac{1}{2}\sqrt{\Delta^2 + 2d\Delta}$$

Cette formule permet de calculer les valeurs de *h* pour lesquelles l'action interférentielle doit présenter des maxima et des minima. Dans ce calcul, il faut observer que la théorie prévoit à la réflexion la perte d'une demi-longueur d'onde; on aura :

Maxima pour $\Delta = \frac{\lambda}{2} \quad 3\frac{\lambda}{2} \quad 5\frac{\lambda}{2} \ldots$
Minima pour $\Delta = \lambda \quad 2\lambda \quad 3\lambda \ldots$

En admettant maintenant que l'on ait $\lambda = 10{,}6$ cm.

on aura, la distance d étant dans nos expériences de 400 cm., les valeurs suivantes :

Maxima pour h = 33 57 74 88 101...
Minima pour h = 47 68 81 94...

Dans l'exécution de ces expériences, nous avons fait croître h de 10 en 10 cm. Bien que nous les ayons répétées à plusieurs reprises, nous ne pûmes pas observer le phénomène d'interférence attendu. Toutes les tentatives aboutirent à des résultats concordants dont la série suivante le type. Les distances h sont indiquées en cm. et les résistances en ohms.

Sans la feuille	Avec la feuille	
	h	Résistance
224	0	953
	10	1360
	20	754
	30	370
	40	290
	50	170
	60	131
	70	98
	80	133
	90	134
	100	230

La figure 5 donne une représentation graphique du phénomène.

La droite horizontale à la hauteur 224 représente l'action qui a lieu lorsque la feuille de zinc est enlevée et qu'il n'y a donc que l'action directe. Au début, $h = 0$, la feuille de zinc intercepte ou absorbe fortement les rayons. Pour $h = 10$ cette absorption est encore plus considérable, mais de là elle décroît jusqu'à ce que l'on arrive à $h = 40$, distance à laquelle l'ac-

tion avec ou sans feuille métallique est la même. La feuille se comporte comme si elle n'existait pas. En augmentant encore la distance, on observe maintenant un renforcement de l'action jusqu'à environ $h = 70$ où l'on se trouve en présence d'un maximum. Enfin, lorsque h croît encore, ce renforcement va en diminuant pour disparaître entièrement aux environs de $h = 100$, distance à laquelle la paroi métallique a perdu toute

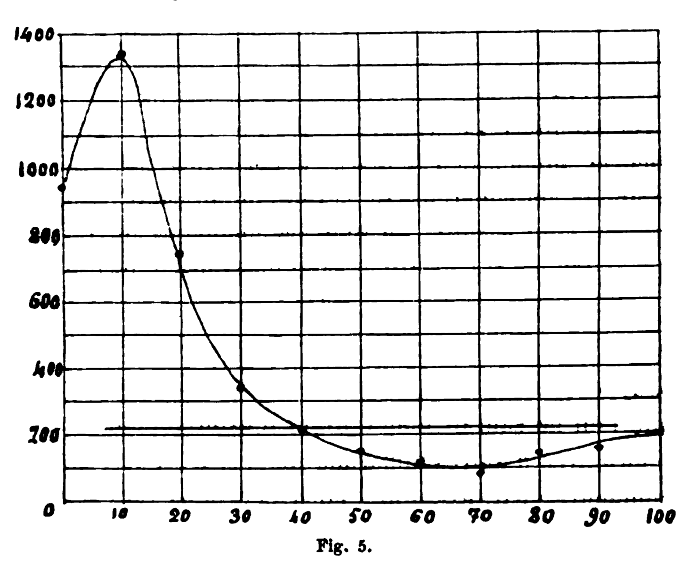


Fig. 5.

efficacité. Au delà elle reste parfaitement neutre. Il est évident que cette courbe n'offre pas les signes caractéristiques qu'elle devrait présenter si l'on se trouvait en présence d'un phénomène analogue à celui de l'expérience de Lloyd. Si l'on se reporte en effet aux distances h, pour lesquelles on a calculé plus haut que devraient avoir lieu les maxima et les minima, la courbe devrait (abstraction faite pour le moment du

singulier affaiblissement pour $h = 0$) dès son commencement tendre vers un renforcement et non vers un affaiblissement, c'est-à-dire qu'elle devrait descendre et non monter. Les maxima et les minima devant enfin se succéder toujours plus rapidement à mesure que h augmente, les points d'intersection de la courbe et de la droite 224 devraient tendre à se succéder dans des intervalles allant en décroissant. En d'autres termes, la courbe ne filerait pas aussi aplatie en faisant l'impression qu'elle s'approche asymptotiquement de la droite 224.

Ce résultat, qui ne répond pas aux exigences de la théorie, donne lieu à deux suppositions. Ou bien la méthode du cohéreur se révèle impuissante dans le cas qui nous occupe, ou bien les analogies entre l'optique et les ondes électromagnétiques offrent encore des lacunes dans certains cas. L'étude de ces cas exceptionnels acquerrait par là une importance très grande. Sans vouloir trancher définitivement la question, ce que l'on ne saurait tenter avant d'avoir répété l'expérience avec d'autres appareils de mesures, tels que le bolomètre, par exemple, nous penchons vers la conclusion que l'on ne peut pas encore se déclarer convaincu d'une analogie complète et susceptible d'être reconnue jusque dans les derniers retranchements. Ce qui nous y convie, c'est que la méthode du cohéreur nous a fourni dans les deux premiers problèmes des résultats qui concordent parfaitement avec ceux qu'ont obtenus des expérimentateurs habiles opérant par d'autres méthodes. Cela nous semble parler en faveur du procédé employé ici, et c'est pourquoi nous nous permettons de soupçonner que dans notre problème l'analogie fasse tout à fait défaut.

Il reste maintenant à tenter une explication du résultat de cette expérience. En se plaçant au point de vue de l'ancienne théorie de l'action à distance, on peut argumenter de la manière suivante. L'oscillateur est le centre d'un rayonnement d'énergie, et lorsque la feuille de zinc est encore tout à fait écartée, l'effet produit sur le récepteur est dû à un certain cône, parfaitement déterminé, de ces rayons d'énergie. Si maintenant la feuille métallique vient occuper une des positions de l'expérience, nous pourrons l'imaginer décomposée en bandes élémentaires parallèles à l'axe de l'oscillateur et devenant le siège de courants induits. Cette induction se fera aux frais également d'un certain cône, parfaitement déterminé, de rayons d'énergie, et sera forcément accompagnée d'une absorption d'énergie. A leur tour les bandes élémentaires de la feuille auront la faculté d'agir par induction sur le récepteur. Nous appellerons ceci l'action secondaire, tandis que nous désignerons par action primaire celle qui a lieu directement sans l'intervention de la feuille.

Ceci posé, amenons la feuille à $h = 0$. Elle puisera son énergie directement dans le cône primaire de rayonnement et l'action primaire s'en trouvera déjà fortement réduite. Les courants induits dans la feuille ne pourront naître que dans quelques bandes voisines de l'oscillateur, les autres n'étant pas « vues » par celui-ci. L'action secondaire que ces courants devraient provoquer n'aura pas lieu, puisque ces courants à leur tour ne sont pas « vus » du récepteur. L'action totale reste donc très fortement amoindrie.

Reculons la feuille jusqu'à $h = 10$. Elle absorbera toujours de l'énergie du cône primaire, mais à bien

plus forte dose que tout à l'heure, car toutes les bandes élémentaires sont maintenant « vues » par l'oscillateur et chacune reçoit ses courants induits. Il résulte de ce surcroît d'absorption que l'affaiblissement de l'action primaire, qui s'était déjà fait remarquer si fortement dans la position précédente, s'accentue encore. L'action secondaire se produit, mais elle est encore impuissante à compenser ce nouvel affaiblissement. L'action totale subira par conséquent une nouvelle réduction par rapport au cas précédent, et ceci explique que la courbe se soit élevée.

Allons à $h = 20$. La feuille commence à sortir du cône d'action primaire et à emprunter ses courants induits à un autre cône d'énergie. L'action primaire, bien qu'encore affaiblie, se met à recroître et la secondaire lui vient en aide, ce qui fait que l'action totale est en phase de croissance.

Nous arrivons à $h = 40$. La feuille puise encore en partie de l'énergie du cône primaire, et l'action primaire n'a pas encore reconquis sa plénitude. L'action secondaire, par contre, qui puise en partie son énergie dans un nouveau cône, est juste suffisante pour remonter l'effet total à la hauteur de celui qui se produit directement quand la feuille est tout à fait écartée. C'est pourquoi l'on voit la courbe traverser ici la ligne horizontale représentant cette valeur.

Faisons $h = 50$. La feuille prend encore un peu du cône primaire et affaiblit encore quelque peu l'action primaire. A cela vient s'ajouter l'action secondaire encore fort sensible et due à un cône de rayons d'énergie qui n'a plus que très peu de rayons communs avec le cône primaire. L'action totale devient donc supérieure à ce qu'elle serait sans la feuille métallique.

Vers $h = 70$ l'action secondaire est arrivée à son maximum et la primaire est également revenue à sa plénitude, en sorte que l'action totale se trouve encore augmentée depuis la position précédente. La courbe vient d'atteindre son point le plus bas.

En reculant encore davantage notre feuille, nous ne changeons maintenant plus rien à l'action primaire, qui conserve sa force entière. L'action secondaire, par contre, diminue en raison de l'éloignement jusqu'à ce qu'elle échappe complètement à notre observation. La courbe va donc se rapprocher asymptotiquement de la ligne horizontale 224.

Telle est l'explication que l'on peut donner du singulier résultat de l'expérience.

Signalons encore une modification de notre expérience qui justifie la décomposition de la feuille métallique en bandes élémentaires à laquelle notre interprétation a recours. Si l'on remplace la feuille par le réseau, il n'y a rien de changé dans le résultat, à condition d'orienter les fils dans la direction des bandes élémentaires, mais si l'on tourne le réseau dans son propre plan jusqu'à ce que les fils deviennent parallèles à la base, il perd toute efficacité. Pour terminer, nous ajouterons que la feuille ou le réseau restaient parfaitement neutres lorsqu'on dirigeait l'axe du cohéreur et celui de l'oscillateur perpendiculairement à leur plan.

MÉTHODES RAPIDES POUR L'ANALYSE

Physico-Chimique des Liquides Physiologiques

PAR

Ph.-A. GUYE et St. BOGDAN.

(Avec la planche V.)

Quelques travaux récents[1] ayant attiré l'attention sur l'application de méthodes physico-chimiques à l'étude des liquides physiologiques, nous croyons utile de faire connaître les premiers résultats de recherches entreprises dans un but analogue.

Frappés en effet de la sensibilité de certaines de ces méthodes pour décéler des différences d'état chimique qui échappent complètement à l'analyse par les procédés usuels, nous avons pensé que dans plusieurs cas, l'examen physico-chimique était de nature à rendre de réels services, d'autant plus que quelques unes des constantes ainsi mesurées, telles par exemple la conductibilité et l'abaissement cryoscopique, permettent de juger de l'état de ionisation des corps en solution et de leur aptitude à entrer en réaction chimique.

L'application des méthodes physico-chimiques à l'ana-

[1] Dongier et Lesage. *Comptes rendus*, t. CXXX, 10 mars 1902, p. 612. et *Comptes rendus*, t. CXXX, 14 avril 1902, p. 834. J.-H. Long. *J. Am. Chem. Soc.*, 1902, p. 996. Russel-Burton Opitz. *J. Am. Physiol.*, 1902, p. 243.

lyse des liquides physiologiques présente cependant pour la pratique courante quelques difficultés. Les unes proviennent du fait qu'on ne dispose pas toujours de quantités de liquides suffisantes, d'autres demandent un temps trop long pour être exécutées utilement.

Nous avons donc pensé que pour appliquer ces méthodes d'une manière plus générale, il était nécessaire de les adapter d'abord au but proposé en les rendant : 1° rapides et 2° susceptibles d'être employées avec de petites quantités de liquides.

Nous présentons dans cette note les observations faites à ce double point de vue sur diverses méthodes physico-chimiques et leur application à l'analyse des urines.

I. *Adaptation des méthodes physico-chimiques.*

Pour quelques unes d'entre elles ces conditions sont assez faciles à réaliser avec les appareils courants des laboratoires de chimie physique. C'est le cas, par exemple, de la mesure des *indices de réfraction*. Nous avons reconnu qu'avec le réfractomètre à liquide, système Pulfrich [1], construction C. Zeiss, Jena, il suffit d'une couche de liquide de 0,15 mm. d'épaisseur (3-5 gouttes) pour faire des mesures exactes.

Il n'y a pas non plus de difficultés pour les *mesures polarimétriques* qui peuvent être faites avec exactitude dans des tubes de très faible contenance (tube de 1 cm. de longueur). Cependant dans ce cas, il y aurait encore à chercher quelque chose de mieux.

[1] *Journal de physique*, 2e série, t. VI, p. 243.

Nous avons reconnu également que les mesures de *coefficients de viscosité* par la méthode de M. Ostwald, sous la forme où elle a déjà été pratiquée dans ce laboratoire [1], remplissent également les conditions demandées; il suffit en effet, pour ces mesures, d'un volume de liquide de 3 cm^3 environ. La difficulté que présente quelquefois l'application de ces viscosimètres aux liquides physiologiques réside dans le fait que les capillaires ordinairement employés, sont très étroits, de sorte que le passage de certains liquides physiologiques, visqueux de leur nature, devient très lent et parfois même irréalisable. C'est le cas, par exemple, des urines filantes.

Nous avons fait construire dans ce cas un appareil avec capillaire plus large. La détermination de la constante de l'appareil ne peut plus se faire alors avec une exactitude suffisante au moyen du benzène, dont l'écoulement est beaucoup trop rapide (11 secondes pour 3 cm^3 dans les appareils employés par nous).

Ce liquide type est avantageusement remplacé par l'alcool amylique, dont le coefficient de viscosité est plus grand.

Des expériences comparatives faites sur des viscosimètres à tube capillaire large ou étroit, ont donné des résulats absolument concordants. Voici quelques-unes de nos observations à ce sujet :

Viscosimètre ordinaire	Viscosimètre à large capillaire
η 22°.3 = 0.4321	η 22°.3 = 0.4318
η 18° = 0.0511	η 18° = 0.0510
η 18° = 0.01834	η 18° = 0.01833

Les divers échantilons d'alcool amylique n'ayant pas

[1] Guye et Friederich. *Bull. Soc. chim.*, 3, XIX, 1898, p. 184.

toujours la même composition chimique, il est nécessaire de déterminer préalablement la viscosité de ce liquide, par rapport au benzène, dans un viscosimètre ordinaire.

Pour les mesures des *conductibilités électriques*, nous avons remplacé les cuves électrolytiques ordinaires par des récipients de très faible contenance (1 cm^3). En suivant la méthode de Kohlrausch[1] basée sur le principe du pont de Wheatstone et en opérant dans les conditions habituelles, nous avons obtenus de bons résultats en donnant à la cuve électrolytique, renfermant le liquide à étudier, la forme d'un simple tube cylindrique de 5-6 cm. de longueur avec 3 mm. de diamètre (Pl. V, fig. 4). Aux deux extrémités sont placées les deux électrodes de surface circulaire qui communiquent avec l'extérieur au moyen de deux fils de platine soudés dans le verre. Les fils sont isolés extérieurement à l'aide d'un enduit de verre. Une tubulure latérale sert à remplir la cuve et à y adapter le thermomètre ; ce dernier est généralement superflu en raison de la petite quantité de liquide employé (1 cm^3), qui prend très rapidement la température du bain ou thermostat dans lequel est plongé le tube-cuve pour les mesures.

Pour déterminer la précision des mesures faites avec cette nouvelle forme de cuve, nous avons effectué une série de déterminations comparatives sur des solutions de chlorure de potassium $^1/_{10}$ N et sur quelques urines. Les mesures de conductibilité ont présenté la même précision qu'avec les cuves ordinairement employées, dont la capacité est de 20 à 100 cm^3.

[1] Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Electrolyte., 1900.

Voici à titre d'exemple, quelques résultats à l'appui de cette conclusion :

	Grande cuve 55 cm³ capacité	Petite cuve 1 cm³ capacité	
Solut. $^1/_{10}$ N, KCl	$\varkappa_{18°} = 0.011189$	$\varkappa_{18°} = 0.011185$	$\varkappa_{18°}$ = d'après Kohlrausch 0.01119.
Urine	$\varkappa_{18°} = 0.01660$	$\varkappa_{18°} = 0.01661$	
Urine	$\varkappa_{18°} = 0.02391$	$\varkappa_{18°} = 0.0239$	
Urine	$\varkappa_{18°} = 0.02238$	$\varkappa_{18°} = 0.02232$	

Une autre constante à laquelle on attribue à juste titre une grande importance, est *l'abaissement cryoscopique* Les méthodes usuelles nécessitent l'emploi d'au moins 8-10 cm³ de liquide. Pour pouvoir multiplier les mesures sur divers liquides physiologiques, plutôt rares et notamment sur le sérum humain, qu'il est difficile de se procurer en grandes quantités, surtout pour des expériences répétées, nous avons modifié un des derniers dispositifs imaginés par Raoult de façon à pouvoir opérer sur 1 à 1 $^1/_2$ cm³ de liquide.

Tout l'appareil (Pl. V, fig. 1) est porté sur un socle sur lequel est posé un support, portant à sa partie supérieure le dispositif agitateur. Le refroidisseur est constitué par un vase cylindrique en verre (A) à paroi épaisse, de 100 cm³ de capacité, fixé au support. Il est muni d'un bouchon percé de trois trous pour livrer passage à l'éprouvette cryoscopique (B) et aux deux tubes D et E; en aspirant par le tube D l'air desséché préalablement en G, on produit l'évaporation de l'éther destiné à refroidir l'éprouvette cryoscopique.

Comme liquide refroidisseur nous avons préféré l'éther au sulfure de carbone qu'employait Raoült à cause de l'absence d'odeur désagréable et de la par-

faite transparence qui permet d'observer ce qui se passe dans la partie immergée de l'éprouvette cryoscopique. Un thermomètre ordinaire (T') plonge directement dans l'éther.

L'éprouvette cryoscopique a reçu une forme spéciale (fig. 2). Elle se compose de deux parties cylindriques l'une supérieure, plus large a 5 cm. de longueur et 1.5 cm. de diamètre, l'autre inférieure et continuant la première, constitue un petit réservoir d'une capacité de 1.5 cm^3 environ. C'est dans la partie inférieure qu'on introduit le liquide à étudier ; ce réservoir d'un diamètre de 6 mm. est soudé concentriquement de manière à ménager une bordure plane sur laquelle repose une rondelle en ébonite (R) ; cette rondelle munie d'un trou au centre, laisse libre passage au thermomètre cryoscopique. Son but est de maintenir le thermomètre dans une position centrée de façon à éviter que celui-ci ne vienne frotter les parois. L'éprouvette cryoscopique est entourée d'un tube en verre (C) qui épouse sa forme et crée autour d'elle une enveloppe d'air ayant pour but d'assurer un refroidissement uniforme et régulier du liquide en expérience. Le thermomètre cryoscopique (T) de la maison Baudin à Paris est gradué de — 5° à + 15° ; il est divisé en $^1/_{10}$ de degrés et permet d'apprécier le $^1/_{100}$ de degré, le réservoir a 9 mm. de longueur et 4.5 mm. de diamètre. Les divisions sont équicalibres ; pour assurer la bonne marche de la colonne mercurielle, on a introduit un gaz inerte dans la partie supérieure du tube thermométrique. Il convient de mentionner enfin que c'est le thermomètre cryoscopique lui-même qui fonctionne comme agitateur. Dans ce but il est relié à l'aide d'un tube en

caoutchouc (Pl. V, *a*, fig. 3) à une baguette métallique faisant partie du dispositif d'agitation ; celui-ci est mis en mouvement par un petit moteur de laboratoire. On donne ainsi au thermomètre un mouvement circulaire et rapide de va et vient autour de son axe permettant de suivre cependant la colonne mercurielle avec une petite lunette.

Les mesures comparatives avec un appareil usuel comportant l'emploi de 30 cm³ de liquide sont concordantes. Les écarts dépassent rarement le $^1/_{100}$ de degré c'est-à-dire la limite de précision des lectures thermométriques.

Voici comme contrôle quelques observations de points de congélation :

Substance	App. ordinaire 30 cm³ de liquide	Avec 1 cm³ de liquide
Eau	— 0°.05	— 0°.06
Solution de Na Cl dilué . .	— 0°.09	— 0°.09
Solution de Na Cl conc. . .	— 0°.38	— 0°.37
Urine	— 1°.07	— 1°.08
Urine	— 1°.36	— 1°.37
Urine	— 1°.26	— 1°.26

II. *Application à l'analyse des urines.*

Nos premières mesures sont relatives à l'analyse physico-chimique des urines. Mais il est évident que les méthodes qui viennent d'être décrites sont applicables à tout autre liquide physiologique.

L'analyse d'une urine comprend alors les dosages chimiques usuels (Na Cl, P_2O_5, urée, totalité des matières élaborées et densité) et les mesures des constantes physico-chimiques suivantes : 1° *la conductibilité électri-*

que ; 2° l'abaissement cryoscopique ; 3° le cœfficient de viscosité et 4° l'indice de réfraction.

Nous avons en outre noté la quantité d'urine émise en 24 heures et la réaction. Voici à titre d'exemple les résultats d'une de ces analyses complètes.

Dosages usuels

Na Cl	P_2O_5	Urée	Mat. élab.	Densité à 18°
‰ 11.70	2.13	18.90	28.10	1.0174

Constantes physico-chimiques

Conductibilité spécifique à 18°	Abaissement cryoscopique	Cœfficient de de viscosité à 18°	n_D 18°
0.01937	– 1°.39	0.0113	1.3397

Avec un peu de pratique, l'analyse complète chimique et physico-chimique d'une urine peut facilement se faire en une journée.

Ces données d'observation peuvent servir à calculer divers cœfficients numériques ayant un sens physico-chimique précis. Pour le moment nous nous bornerons à indiquer ici ceux qui se déduisent tout naturellement par des considérations analogues à celles développées par M. Bouchard[1] au sujet des constantes cryoscopiques.

Dans le tableau suivant nous avons indiqué pour l'urine mentionnée plus haut la conductibilité trouvée expérimentalement, la conductibilité spécifique d'une solution de chlorure de sodium à la même concentration en Na Cl que l'urine examinée, la conductibilité spécifique attribuable, par différence, aux matières élaborées et la conductibilité spécifique par unité de matières élaborées sur °/₀ ainsi que les mêmes valeurs

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVIII, 1899, p. 64.

pour les autres constantee physico-chimiques déterminées.

	Pour l'urine	Pour Na Cl	Pour mat. élaborées	Pour unité sur % de mat. élab.
Conductibilité spécifique $\varkappa$ 18° . .	0.019374	0.01754	0.00183	0.00065
Abaissement cryoscopique . . .	− 1°.39	− 0°.65	− 0°.74	0°.26
Cœfficient de viscosité η 18° . . .	0.011286	0.010755	0.000531	0.000188
Indice de réfraction n_D 18°	1.3397	1.3352	0.0045	0.00160

Ces chiffres se rapportent à une urine à peu près normale ; dans un mémoire ultérieur seront consignés les résultats d'observations plus nombreuses faites à ce sujet.

Pour mettre en évidence les altérations que peuvent produire les cas pathologiques, nous transcrivons ci-après les résultats fournis par une urine pathologique. (Urine tuberculeuse de la clinique du prof. Dr Bard).

Dosages usuels

Na Cl	P_2O_5	Urée	Mat. élab.	Densité à 18°
°/oo 5.44	0.28	7.02	9.32	1.0100

Constantes physico-chimiques

Conductibilité spécifique $\varkappa$ 18°	Abaissement cryoscopique	Cœfficient de viscosité η 18°	Indice de réfraction n_D 18°
0.009297	− 0.°39	0.01089	1.3355

Eléments physico-chimiques (calculés comme précédemment)

	Pour l'urine	Pour Na Cl	Pour mat. élaborées	Pour unité sur % de mat. élab.
Conductibilité spécifique $\varkappa$ 18° . .	0.009297	0.00385	0.00544	0.00583
Abaissement cryoscopique . . .	− 0°.39	− 0°.322	− 0°.067	0°.072
Cœfficient de viscosité η 18°. . .	0.01089	0.010614	0.000279	0.0003
Indice de réfraction n_D 18°	1.3355	1.3341	0.0014	0.0015

La comparaison de ces chiffres avec les précédents fait ressortir des différences assez considérables entre l'urine normale et l'urine pathologique. Nous nous bornerons à attirer l'attention sur les éléments suivants.

	Pour urine normale	Pour urine pathologique	Différences: Brute	Différences: Pour mat. élaborées	Différences: Pour unité sur °/₀ mat. élaboré
Conductibilité spécifique à 18° . .	0.01937	0.00929	0.1008	+ 0.00361	+ 0.00518
Abaissement cryoscopique . . .	- 1°.39	- 0°.39	- 1°.0	+ 0°.678	- 0°.19
Coefficient de viscosité à 18° . . .	0.0113	0.0109	0.0004	- 0.000252	+ 0.0001
Indice de réfraction n_D 18°	1.3397	1.3355	0.0042	- 0.0031	- 0.0001

Si l'on se reporte au tableau précédent donnant les éléments physico-chimiques de l'urine normale on constate par exemple que :

1° La conductibilité spécifique pour les matières élaborées, qui était de 0.00183 dans l'urine normale, augmente dans l'urine pathologique de 0.00361 soit d'environ 200 °/₀.

2° L'abaissement, normalement de – 0°,74 augmente de – 0°,67, soit de 90 °/₀.

3° Le coefficient de viscosité, normalement de 0,000531, diminue de 0,000252, soit de 47 °/₀.

4° L'indice de réfraction, normalement de 0,0045, diminue de 0,0031, soit de 68 °/₀.

Le même calcul comparatif, effectué sur l'unité °/₀ de matières élaborées, indique les variations suivantes entre l'urine normale et l'urine pathologique prise comme exemple :

Pour la conductibilité spécifique	896 °/₀
Pour l'abaissement cryoscopique. . . .	27 °/₀
Pour la viscosité.	159 °/₀
Pour l'indice de réfraction	93 °/₀

Ces exemples suffiront pour démontrer, croyons-nous, que les méthodes physico-chimiques sont susceptibles de fournir des éléments d'appréciation intéressants et nouveaux dans l'examen des liquides physiologiques et en particulier des éléments qui échappent à l'analyse usuelle et paraissent à première vue d'une très grande sensibilité.

Nous pensons également que ces constantes permettent de suivre d'une façon plus certaine les altérations que subissent avec le temps les liquides physiologiques.

C'est ainsi, par exemple, que la conductibilité d'une urine conservée dans un vase ouvert a été trouvée :

$\varkappa$ 18° =	0.01449	après l'émission
»	0.01477	12 heures après l'émission
»	0.01526	42 heures »

L'analyse chimique dans les mêmes conditions n'accusait pas de variations sensibles. Cette augmentation de conductibilité résulte sans doute de la décomposition des non électrolytes en électrolytes.

L'exemple suivant est relatif à une urine conservée en vase fermé (dans la cuve électrolytique servant aux mesures).

$\varkappa$ 18° =	0.01845	après l'émission
»	0.01901	24 heures après l'émission
»	0.02109	48 heures »

Même dans ce cas l'augmentation de conductibilité, qui est de 14 °/₀, est encore considérable et révèle des transformations chimiques qui échapperaient aux méthodes usuelles de l'analyse.

Ces résultats rapprochés des précédents, nous amènent donc à conclure que les méthodes physico-chimi-

ques, pratiquées sous les formes simplifiées exposées dans les pages qui précèdent, donnent néanmoins une exactitude plus que suffisante pour accuser des variations importantes dans les propriétés des liquides physiologiques, que l'on aurait grand peine à déceler autrement ; que ces variations étant dues à des transformations chimiques des constituants de ces liquides physiologiques, il paraît y avoir un réel intérêt à les étudier de plus près, surtout dans les cas pathologiques. Des recherches dans cette direction ont été entreprises par l'un de nous dont les résultats seront publiés prochainement.

LES

APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite[1].)

CHAPITRE VII

Etude des fils destinés a la mesure des bases

Préparation et ajustage des fils ; programme des travaux. — Les premiers essais de mesures par des fils d'invar ont été faits à peu près simultanément au Bureau international, par le Service géographique de l'armée française, et par la Commission suédo-russe du Spitzberg, sur l'initiative de M. Jäderin.

Dès le début de ces recherches, commencées en 1898, les dispositions furent prises au Bureau international pour que les fils pussent être amenés à une suffisante stabilité par des étuvages systématiques, plus indispensables encore pour des alliages soumis à un travail mécanique à froid que pour des barres simplement forgées à chaud.

Une chaudière cylindrique en tôle galvanisée, dont

[1] Voir *Archives*, mars 1903, p. 249; avril, p. 403.

les fonds, traversés au centre par un tube de fer, débordent largement le pourtour, constitue une sorte de bobine de 50 cm. de diamètre, sur laquelle le fil est enroulé en tours bien jointifs, en couches séparées par du papier épais, et finalement entouré de bourre d'amiante; la chaudière est remplie d'eau que l'on maintient en ébullition pendant quatre ou cinq jours ; la température est ensuite abaissée progressivement jusque vers 40°, en trois ou quatre semaines. Enfin, on expose encore, pendant deux ou trois semaines ou davantage si possible, le fil à une température comprise entre 25° et 35°. On peut, en une seule opération, étuver plus d'un kilomètre de fil.

Dans les fils construits jusqu'à ces derniers temps sur les indications de M. Jäderin, comme aussi dans ceux que nous avons, M. Benoît et moi, fait exécuter au début, les réglettes terminales étaient en laiton argenté ou nickelé. Mais il est facile de voir que, si l'on arrive à abaisser jusqu'aux extrêmes limites la dilatation de l'invar, le seul fait de l'adjonction de réglettes de 10 à 15 cm de laiton peut modifier de plus de moitié la dilatation moyenne du fil tout équipé. Il nous a donc semblé utile de substituer aux réglettes primitives des réglettes d'invar à section triangulaire, forées et entièrement façonnées en partant d'une barre laminée ; cette substitution nous semblait d'autant plus indiquée que les réglettes terminales, souvent tenues à la main par les observateurs, possèdent une température sans cesse variable, et dont la détermination est impossible. La dureté de l'invar, beaucoup plus grande que celle du laiton, est une garantie de la conservation des traits qui, dans les fils du premier

modèle s'effacent souvent sur le bord de la réglette, dans des campagnes géodésiques de longue durée. Le façonnage d'une réglette est assurément beaucoup plus difficile et plus coûteux pour l'invar que pour le laiton; mais la différence de prix est encore insignifiante dans le coût d'un matériel géodésique complet, et *a fortiori* dans les dépenses d'une campagne de mesures.

Nous en étions restés à des travaux préliminaires de cet ordre, lorsque, dans sa conférence de 1900, l'Association géodésique internationale décida, sur la proposition de M. le général Bassot, faisant suite à la lecture d'un rapport de M. Backlund, de demander au Comité international des Poids et Mesures d'inscrire l'étude des procédés de mesure par les fils au programme des travaux du Bureau. C'est alors seulement que nous eûmes, M. Benoît et moi, l'occasion d'entreprendre des recherches systématiques sur les diverses questions que soulèvent ces études.

Il s'agissait essentiellement de reconnaître, par des recherches de laboratoire, quel est l'ordre de précision que permettent d'atteindre les fils d'invar, quel est leur degré de permanence lorsqu'ils sont seulement soumis à des tensions normales, ou quelles sont leurs variations sous l'action de tensions accidentellement anormales, enfin, quelle peut être l'action d'un enroulage ou d'un déroulage fait dans les meilleures conditions. A ce programme venait s'ajouter celui de l'emploi pratique des fils sur le terrain, et l'étude des appareils accessoires de mesure des bases géodésiques.

Dès le printemps 1901, les installations que je vais sommairement décrire permirent d'entreprendre des mesures, qui, depuis cette époque, se sont poursuivies

régulièrement. Comme elles sont délicates, que les questions à résoudre sont multiples, que chacune d'elles nécessite non seulement des mesures nombreuses, mais aussi le concours du temps pour l'examen des changements à longue période, nous ne pouvons pas encore les considérer toutes comme parfaitement élucidées. Je ne donnerai donc, d'après une publication déjà mentionnée[1], que les résultats qui semblent définitivement acquis, tout en indiquant le sens dans lequel les autres questions paraissent devoir être finalement résolues.

Il est toutefois utile d'établir encore quelques principes théoriques relatifs aux mesures faites au moyen de fils tendus.

Théorie des erreurs dans le cas des mesures par les fils. — Les seules variations importantes que puisse subir une barre rigide sont celles qui résultent des changements de sa température ; les modifications de sa longueur dues à des efforts fléchissants où à des compressions variables sont généralement très petites et presque toujours négligeables. Mais il n'en est pas de même dans le cas d'un fil, où la déformation élastique, provoquée par la tension qui lui est nécessairement donnée, produit de notables modifications de sa longueur, et où, en raison de la flèche sensible que prend le fil, la distance de ses points extrêmes diffère d'une quantité appréciable de sa longueur réelle. Par le fait immédiat de l'effort, le fil se trouve allongé, tandis que sa courbure oblige à définir, par son moyen,

[1] J.-R. Benoît et Ch.-Éd. Guillaume. Nouveaux appareils, etc. Voir aussi les Procès-verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures, session de 1903 (sous presse).

une longueur inférieure à ses propres dimensions au moment de la mesure.

Si le fil était employé, dans les mesures faites sur le terrain, dans des conditions identiques à celles de sa détermination, il serait sans intérêt de connaître la grandeur des écarts, de signe inverse, qui viennent d'être mentionnés. Mais, d'une part, les tensions peuvent différer légèrement d'une opération à l'autre, et il est important de connaître l'influence de telles variations sur la longueur définie par le fil. D'autre part, tandis que le fil est généralement déterminé entre deux points situés sur la même horizontale, on l'emploie, sur le terrain, en suivant les ondulations du sol, c'est-à-dire avec une pente moyenne appréciable. Il est naturellement important de savoir si, dans ces conditions variables, on peut admettre que la chaînette formée par le fil diffère d'une quantité constante de la distance rectiligne de ses extrémités, au moins dans les limites des pentes que l'on rencontre dans la pratique, et de la précision que comportent ces mesures. Je vais traiter ces divers problèmes sous leur forme la plus élémentaire.

Par le fait de la traction à laquelle il est soumis, le fil subit un allongement élastique, donné par

$$\Delta l = \frac{lf}{E\sigma},$$

f étant la force appliquée au fil, de section σ et de module d'élasticité E. Dans les fils actuellement en usage, $\sigma = 2{,}2$ mm², et, pour l'invar, $E = 15000$ kg : mm² ; f étant égal à 10 kg, on aura : $\Delta l = \frac{l}{3300}$ ou

7,27 mm pour $l = 24$ m. Δl étant proportionnel à l aussi bien qu'à f, l'extension sera double pour un fil de 48 m etc., tandis qu'un écart Δf de la valeur normale de f produira une erreur égale à $\frac{l\Delta f}{33000}$, soit à $0^{mm},073$ pour 24 m et pour un écart de 100 grammes.

Il est aisé de donner une valeur au moins approchée des erreurs dues aux variations de la forme que prend le fil sous l'action combinée de l'inclinaison variable des sections de la base et des écarts de la tension normale.

Considérons le problème sous la forme simple d'un fil suffisamment tendu pour que la chaînette qu'il constitue puisse être assimilée à une parabole, ce qui revient à négliger, dans le développement de l'équation rigoureuse, tous les termes supérieurs au premier. Nous pourrons donc écrire l'équation du fil :

$$(1) \qquad y = ax^2,$$

l'origine des coordonnées étant prise au sommet de la parabole.

La légitimité pratique de la simplification des formules résulte immédiatement de la connaissance de la valeur numérique de a. Pour les fils de 24 m dans les conditions normales, la flèche est de $0^m,144$; si donc nous adoptons comme unité de longueur le mètre, a deviendra égal à 0,001.

Le terme suivant de l'équation de la chaînette est $\frac{1}{3}a^3x^4$; pour $x = 12$, il est égal à 48.10^{-6} du premier ; il n'intervient donc que pour 7^{μ} environ dans l'expression de la flèche.

Considérons le fil dans la position A B (fig. 12), me-

surant la distance de deux points placés à des niveaux différents, y_1 et y_2 et aux distances horizontales x_1 et x_2 de l'origine.

Posons $x_2 - x_1 = L$.

La longueur de l'arc A B est donnée par :

$$(2) \qquad l = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + 4\, a^2 x^2}\, dx$$

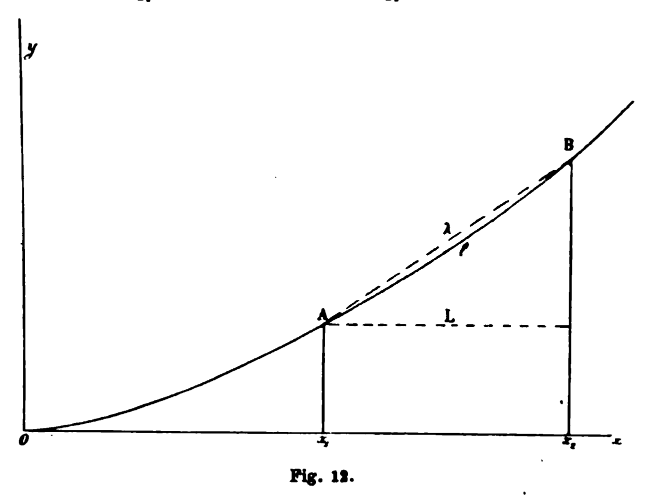


Fig. 12.

Développons le radical en nous arrêtant au terme en x^2 ; nous aurons, en intégrant :

$$(3) \qquad l = x_2 - x_1 + \frac{2}{3}\, a^2\, (x_2^3 - x_1^3).$$

Cette équation nous donne, dans tous les cas, l'écart entre la longueur du fil et sa projection horizontale.

Cherchons maintenant quelle est, en fonction des abscisses des points extrêmes, la longueur de la corde AB $= \lambda$ faisant un angle α avec l'horizontale, et calculons sa différence par rapport à l.

On a d'abord :

$$(4) \qquad \lambda = \frac{L}{\cos\alpha} = L\sqrt{1 + a^2(x_1 + x_2)^2}$$
$$= L\left[1 + \frac{1}{2}a^2(x_1 + x_2)^2\right],$$

les termes supérieurs étant négligés comme précédemment.

Combinant les expressions (3) et (4), on trouve facilement :

$$(5) \qquad l - \lambda = \frac{1}{6}a^2L^3.$$

Cette équation nous montre que, au degré d'approximation du calcul, la différence entre la longueur du fil et sa corde ne dépend pas de la valeur absolue des abscisses, mais uniquement de leur différence. Or, si nous posons $L = 24$, nous trouvons $l - \lambda = 2^{mm},304$. Donc, à moins de considérer des pentes inadmissibles en pratique, et pour lesquelles L deviendrait très différent de λ, on peut envisager $l - \lambda$ comme invariable.

Il en résulte immédiatement une indication très précieuse pour les mesures. Cette différence étant pratiquement constante, on en conclut qu'à une quantité du second ordre près, il n'y a pas à se préoccuper de la forme réelle que prend le fil, et que, pour pouvoir calculer la vraie valeur de sa projection sur l'horizontale, il suffit de connaître l'inclinaison de la droite qui joint ses extrémités. Une deuxième approximation du calcul nous donnera bientôt la valeur des quantités négligées.

Considérons maintenant l'effet d'une variation de l'effort tenseur. Le paramètre a étant inversement proportionnel à f, on aura, k étant un facteur de proportionnalité :

$$l - \lambda = \frac{1}{6}\frac{k^2}{f^2}L^3;$$

et l étant constant,

$$\Delta\lambda = \frac{1}{3}\frac{k^2}{f^3}L^3\Delta f.$$

Ecrivant la dernière équation sous la forme :

$$(6) \qquad \Delta\lambda = \frac{1}{3} a^2 L^3 \frac{\Delta f}{f},$$

on calculera facilement la valeur de la correction cherchée.

Nous pouvons maintenant rassembler en un tableau les valeurs numériques auxquelles conduisent les formules qui viennent d'être établies.

Long. naturelle du fil	Ecarts de la valeur naturelle sous la charge de 10 kg.			Variations pour $\Delta f = 0,1$ kg.		
	Elasticité	Courbure	Somme	Elasticité	Courbure	Somme
m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
24	7,27	− 2,30	+ 4,97	0,07	0,05	0,12
48	14,54	− 18,43	− 3,89	0,15	0,37	0,50
72	21,81	− 62,21	− 40,40	0,22	1,24	1,46
96	29,08	− 117,50	− 88,42	0,29	2,49	2,78

La considération de ces nombres est instructive ; elle nous montre que, tandis qu'une erreur de 100 grammes, qu'il est facile de commettre sur la tension donnée au fil ne modifie sa longueur apparente que de $0^{mm},1$ pour 24 m, l'erreur augmente rapidement lorsqu'on allonge le fil. Aussi, arrive-t-on facilement avec un fil très long à des erreurs inadmissibles, pour peu que l'on s'écarte de la tension normale.

Il est certain, par exemple, qu'un fil de 48 m est nettement inférieur à un fil de 24 m, au point de vue de la précision relative qu'il permet d'obtenir ; on ne devra donc s'écarter de la longueur normale adoptée

par M. Jäderin, que lorsque les conditions de terrain l'exigeront impérieusement.

Les erreurs de la tension peuvent heureusement être rendues fortuites si les appareils sont convenablement étalonnés, et s'élimineront par la répétition des observations ; mais il devra être entendu que, pour opérer suffisamment cette élimination, on devra faire, dans chaque portée, des observations d'autant plus nombreuses que le fil est plus long.

Il n'est pas nécessaire d'insister sur les variations de tension dues au poids du fil dans les pentes, mais il est intéressant d'examiner la grandeur des erreurs qui pourront provenir des variations de la pesanteur d'un point à un autre du globe.

Ici, deux cas peuvent se présenter : ou bien la tension est obtenue par un dynanomètre, et les variations de g n'interviennent que pour déterminer le poids courant du fil, d'où sa flèche ; ou bien la tension est produite par des poids, et la flèche devient indépendante de g ; la tension n'intervient alors que pour la déformation élastique.

Prenons, comme exemple, les valeurs extrêmes de g dans les points du globe où des mesures de bases ont été faites, c'est-à-dire au Spitzberg et dans la République de l'Equateur.

Le rapport de g en ces deux régions est un peu inférieur à 1,006. Dans l'emploi des dynamomètres, un fil de 24 mètres se raccourcira apparemment de $0^{mm},03$ en passant de l'Equateur au Spitzberg, tandis que, si l'on se sert de poids pour obtenir la tension, il s'allongera réellement de $0^{mm},04$, grandeurs dont il y a lieu de tenir compte dans le calcul d'ensemble de la va-

leur d'une base. Pour un fil de 48 m ces nombres deviennent $0^{mm},22$ et $0^{mm},09$.

Il est naturellement indifférent, pour la comparaison des résultats obtenus en deux points du globe, que les mesures y aient été faites avec un même fil ou avec des fils différents étalonnés au même endroit ; les résultats ne deviennent, de toutes façons, rigoureusement comparables que par l'application d'une des deux corrections ci-dessus.

Ces rapides indications suffiront pour établir les principes sur lesquels reposent les mesures par les fils. Pour un calcul rigoureux, on ajoutera à l'équation (5) un deuxième terme du développement des équations (2) et (4), après avoir introduit dans la première, le deuxième terme du développement de l'équation de la chaînette.

Ce nouveau calcul donne, pour le terme de correction, la valeur :

$$C\,(l-\lambda) = a^4 \left\{ \frac{2}{15}\,(x_2^5 - x_1^5) + \frac{1}{8}\,(x_2 - x_1)\,(x_1 + x_2)^4 \right\}$$

Cette différence additionnelle étant positive, la quantité cherchée L devra être diminuée de sa valeur. Pour un fil de 24 m et pour une pente de 5 °/₀, cette correction n'est que de $0^{mm},03$, mais pour une pente de 10 °/₀, elle atteint déjà $0^{mm},11$.

Etude des fils au laboratoire. — A l'époque où le programme de l'étude des fils venait d'être élaboré, le Comité international des Poids et Mesures décida que d'importantes modifications seraient faites au bâtiment d'observation du Bureau. M. Benoît profita de ces tra-

vaux pour faire évacuer, dans le sous-sol, un espace compris entre deux murs de fondation très épais et déjà anciens, et l'aménager pour ces études[1]. Cet espace désigné sur la coupe (fig. 13) par A, est large de 2 mètres. On le creusa à la profondeur de $2^{mm},20$ au-dessous du plancher du couloir qui le surmonte, on bétonna le sol et on rejointa les murs ; puis M. Benoît fixa, contre le mur intérieur, au moyen de solides boulons pris

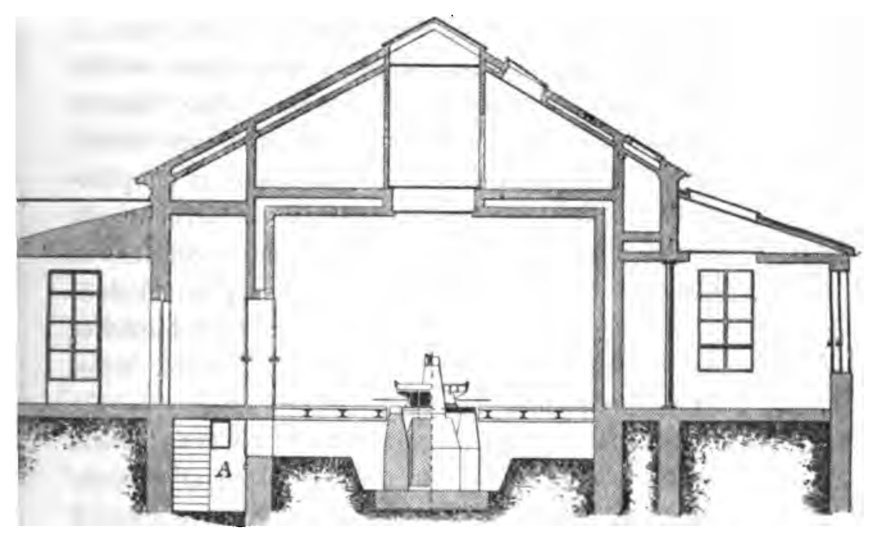


Fig. 13.

dans le ciment, des repères constitués par des embases de bronze portant chacune un trait vertical tracé sur une plaque de nickel. Sept repères, parfaitement alignés dans tous les sens, et placés à des distances res-

[1] J.-R. Benoît. Rapport présenté au Comité international de Poids et Mesures. (Procès-verbaux des séances du Comité, session de 1901, 2e série, t. I, p. 36 et 61 ; 1902.)

pectives de 4 mètres, constituèrent ainsi une base de 24 mètres de longueur, entre les traits extrêmes.

Des poulies furent fixées au mur à une petite distance des derniers repères, de manière à permettre la tension des fils par des poids convenables.

Les repères occupent la partie moyenne du couloir, isolée des extrémités par des portes, qui laissent de chaque côté un espace protecteur. Grâce à cette organisation, la température du couloir est remarquablement constante dans le cours d'une journée, et la cause la plus importante de variation de la température est due certainement à la présence des observateurs dans le sous-sol. La variation annuelle est aussi très faible ; ainsi, l'amplitude totale de l'oscillation de la température a été de 8 degrés seulement dans la dernière année, bien que nous eussions désiré, pour le contrôle de dilatation des fils, obtenir une variation plus étendue, et, dans ce but particulier, comme aussi pour dessécher le sous-sol, procédé, en hiver comme en été, à des aérages fréquents.

Au début, nous ne pensions pas pouvoir nous fier à la constance de la longueur du mur, pendant plus de quelques heures ; aussi, dans notre première idée, il ne devait servir que comme une longueur de repère commode pour la comparaison des fils entre eux, dans une même série d'opérations ; nous verrons cependant dans la suite qu'on en peut tirer un meilleur parti.

La détermination de la longueur d'un fil par rapport à la base murale est toujours faite de la manière suivante : Le fil étant fixé, par ses extrémités, à deux cordes passant sur des poulies et chargées de 10 kg., deux observateurs placés en face des repères extrêmes, sai-

sissent les réglettes et mettent leur arête en contact avec celle de la plaque portant le trait de repère; ils lisent alors simultanément, et à l'œil nu, la position du repère par rapport à la division; puis, déplaçant arbitrairement le fil de quelques millimètres chaque fois, ils font successivement cinq ou dix lectures, dans des régions différentes des réglettes, échangent leurs places et recommencent. Les lectures sont faites au dixième et exceptionnellement au vingtième de millimètre.

En relevant les observations sur un long espace de temps, et en comparant par exemple les écarts entre les différences déterminées aux mêmes jours pour des fils semblables, on trouve très exceptionnellement des erreurs atteignant le dixième de millimètre, dans la moyenne de dix lectures; le plus souvent, les écarts sont inférieurs au vingtième de millimètre. Si donc on rencontre deux valeurs d'un fil qui, séparées par une manipulation dont on veut connaître l'effet, diffèrent d'une quantité voisine de $0^{mm},1$, on ne pourra pas en conclure encore, d'une façon certaine, qu'une variation se soit réellement produite dans sa longueur; comme aussi, une concordance de l'ordre du centième de millimètre ne signifiera pas qu'aucune variation d'un ordre supérieur n'ait pu s'effectuer. Dans l'un ou l'autre cas, on ne pourra conclure à un changement certain ou à la permanence probable que par des opérations souvent répétées dans des conditions semblables, et dont la *moyenne* discorde, par exemple, d'une quantité supérieure au vingtième de millimètre, ou concorde dans les limites de 1 ou 2 centièmes. Il semble, en effet, que, par un grand nombre d'observations répétées dans des conditions aussi identiques que possible, on puisse

arriver à garantir, pour ces conditions particulières, la valeur d'un fil avec une exactitude de l'ordre indiqué ci-dessus.

La plupart des observations ont été faites par M. Benoît et moi ; cependant, pour nous assurer un contrôle, nous nous sommes associé, pour certaines opérations, M. L. Maudet ou M. A. Tarrade qui ont aussi remplacé l'un ou l'autre de nous pendant nos absences du Bureau.

Les avantages que présentent les fils d'invar sur tous les autres au point de vue de la dilatation thermique les imposaient tout naturellement comme but premier de nos études. Cependant comme, à l'époque où nous les entreprîmes, quelques géodésiens étaient restés attachés au système bimétallique, il nous parut d'autant plus indiqué de soumettre d'autres alliages aux mêmes recherches que, par la comparaison faite entre des fils possédant des propriétés aussi différentes que possible, on devait nécessairement arriver à quelques résultats permettant des conclusions intéressantes pour leur stabilité.

Au printemps 1901, nous ajustâmes donc deux fils de 24 mètres de chacun des alliages suivants : Invar, $\alpha = 0{,}616.10^{-6}$; alliage à 49 °/₀ de nickel $\alpha = 8{,}823.10^{-6}$; alliage NC4 à 22 °/₀ de nickel et 3 °/₀ de chrome, $\alpha = 18{,}635.10^{-6}$. Un an plus tard, une deuxième série de fils semblables, mais d'une construction plus soignée vint doubler la première. Dans la suite, un grand nombre de fils, tous en invar, ont été construits soit pour nos études, soit pour les travaux de divers services géodésiques, qui nous en ont confié la détermination ; les études faites sur ces fils

nous ont permis de généraliser beaucoup les conclusions de nos premières mesures.

Les trois alliages adoptés pour nos études préliminaires possèdent, non seulement pour leur dilatation, mais aussi à d'autres points de vue, des propriétés très différentes. Ainsi l'invar a, comme nous l'avons vu, une tendance à s'allonger légèrement dans le cours du temps (p. 254) ; l'alliage à 49 °/₀ est très stable, tandis que le NC4 se contracte plutôt faiblement. Ce dernier alliage est très élastique, l'invar l'est moins, et le troisième alliage est relativement doux. Pour ces diverses raisons, nous pouvions penser que les changements dans le cours du temps devraient se manifester nettement par des variations relatives faciles à constater.

Les observations organisées uniquement dans le but de se faire une idée approximative de la précision des mesures et de la permanence des fils, ont montré aussi entre les deux groupes de fils d'invar et d'alliage à forte dilatation, une concordance de longue durée tout-à-fait remarquable, tandis que les fils de l'alliage à moyenne dilatation se sont légèrement raccourcis. La raison n'en a pas été difficile à découvrir ; ces fils ayant été faits avec un alliage possédant à l'état naturel une grande stabilité, on avait jugé qu'un étuvage sommaire pourrait suffire, alors que les autres avaient été vieillis autant que possible.

Or, s'il est vrai que le premier alliage, lorsqu'il a été traité seulement à chaud, ne montre plus que des variations inappréciables dans le cours du temps (p. 267) il n'en est plus de même lorsqu'il a été soumis à un étirage à froid, comme je l'ai constaté directement sur des barres traitées mécaniquement ; les tensions inté-

rieures sont alors accusées, et ne disparaissent que par un étuvage assez long. Les fils de cet alliage faisant partie du second groupe ont été, naturellement, étuvés très complètement.

Un autre résultat important des mesures devint évident au bout de quelques mois. Portant en regard, les températures du mur déterminées au moyen de six thermomètres logés dans son épaisseur, et la différence pour chaque jour d'observation, entre la valeur de la base et la longueur moyenne des six fils, primitivement ramenés à une température fixe, nous avons trouvé que les deux courbes, tracées à une échelle convenable, sont approximativement superposables.

La conclusion la plus probable que l'on puisse tirer de ce fait est que le mur portant les repères se dilate et se contracte, sous l'action des variations de la température, à peu près comme le ferait un bloc de matière homogène. La permanence avec le temps n'est, assurément, pas aussi grande que dans le cas d'un étalon métallique, mais elle est parfaitement suffisante pour que, dans un intervalle de plusieurs semaines, la distance des repères extrêmes puisse être calculée à quelques centièmes de millimètre près, en partant seulement de sa valeur initiale et de sa température.

Les variations à température ascendante et descendante sont exactement symétriques. Ainsi, du 14 juin jusqu'au 19 juillet 1902, dates auxquelles la température a passé par un minimum et un maximum relatifs de 12°,42 et de 15°,79, l'allongement du mur a été de $0^{mm},51$; du 6 septembre, jour d'un nouveau maximum de 15°,68, jusqu'au 15 novembre, date où la température était de 11°,23, et à partir de laquelle les

fils de la deuxième série ont été soumis à des épreuves de déformation, la base s'est contractée de $0^{mm},65$. On déduit de ces deux groupes d'observations, les variations respectives de $6^{\mu},3$ et de $6^{\mu},1$ par degré et par mètre. En repassant, le 26 octobre, sensiblement par la même température que le 7 juin, on a retrouvé, pour le mur, la même longueur à moins de $0^{mm},02$ près.

Il résulte de cette remarquable stabilité du mur une grande simplification dans la détermination pratique des fils au moyen de la base murale ; la valeur du mur, dont la température est déterminée par des thermomètres enfermés dans son épaisseur, peut être en effet calculée en toute sécurité dans l'intervalle des comparaisons hebdomadaires de sa longueur avec la série des fils appartenant au Bureau. Pour des intervalles de temps plus étendus, c'est la moyenne de ces fils, réduits à la même température, qui sert de longueur de référence, et, enfin, à des époques éloignées, la mesure directe de la distance des repères deux à deux au moyen d'une règle géodésique de 4 mètres en invar fournit une valeur très sûre de la base. Nous avons déjà fait deux déterminations semblables à un an de distance. Pendant cette période, qui a débuté très peu après la pose des embases de bronze, l'intervalle des repères extrêmes a augmenté de 0,2 mm, c'est-à-dire de un peu moins de 1/100000.

Les premières mesures nous ayant montré en outre que des fils des trois alliages, bien préparés, conservent sensiblement leur longueur dans le cours du temps, nous avons pu passer à une étude plus détaillée des fils d'invar, auxquels nous avons pu d'autant plus restreindre nos recherches que, depuis le début de nos travaux,

le système bimétallique avait été presque complètement abandonné par les géodésiens.

Action d'une tension prolongée ou anormale sur les fils d'invar. — S'il s'agit uniquement de déterminer l'action qu'exerce, sur un fil d'invar maintenu rectiligne, l'effet prolongé de la tension normale de 10 kg, la mesure, faite au comparateur, d'un fil tendu sur une barre au moyen d'un ressort peut renseigner assez complètement. Voici un exemple de mesures exécutées dans ces conditions :

Un fil de $1^{mm},65$ de diamètre, tréfilé en juin 1902, et monté sur un support après un étuvage sommaire, a été mesuré au comparateur du 10 au 16 juillet 1902, à six températures comprises entre 0°,8 et 37°,7. Au cours de ces mesures le fil s'est allongé de $1^{\mu},8$.

Resté sous sa tension, et seulement exposé aux variations de la température ambiante, le fil fut trouvé, le 24 octobre, de $5^{\mu},0$ plus long qu'à la fin des mesures de dilatation.

Or, si nous nous reportons au diagramme fig. 4, nous voyons que, dans les trois premiers mois qui suivent sa fabrication, une barre d'invar non étuvée s'allonge de 4^{μ} environ. Si l'on admet que les deux cas soient assimilables, on en conclura que l'effet de la tension appliquée au fil a été d'augmenter sa longueur d'une quantité grossièrement évaluée à 1^{μ}; ou plus généralement que, dans les limites de la précision que fournissent les fils, il n'y a pas à redouter l'effet de la tension normale appliquée dans les mesures.

D'autres observations conduisent à la même conclusion ; au cours des mesures, qui embrassent déjà un intervalle de deux ans, nous avons généralement laissé

l'un des fils sur la base, soumis pendant sept jours consécutifs à la tension normale ; pendant une longue période, le même fil revenait une semaine sur deux sous tension, et, dans la semaine intermédiaire, restait suspendu à deux crochets le maintenant déployé, mais sans tension appréciable. Dans ces conditions, l'inspection minutieuse des résultats individuels, comme aussi la comparaison des moyennes ne montre aucun écart systématique entre les observations succédant à une semaine de tension et les autres mesures.

Ce point étant bien établi, il était intéressant d'examiner jusqu'où la tension devait être poussée pour produire des déformations appréciables ou même des déformations dangereuses. C'est ainsi que, opérant sur des fils neufs, nous n'avons pas pu déceler de variations sous une charge prolongée de 20 kg. Sous 30 kg, de faibles déformations semblent probables, mais elles dépassent peu la limite des erreurs des observations. Sous 40 kg, des allongements de l'ordre de 1/500000 ne paraissent pas douteux. Enfin, sous 50 kg et plus encore sous 60 kg, les déformations sont bien manifestes, atteignant au total environ 1/60000 à 1/80000 de la longueur du fil. En première approximation, il est indifférent, pour la grandeur de la déformation finale, qu'elle ait été obtenue par une série de charges croissantes, ou seulement par la charge maxima. D'ailleurs, pour chaque poids appliqué au fil, la longueur de celui-ci augmente lentement jusqu'à une valeur limite, à laquelle il semble se fixer. Pour une charge continue de 60 kg, le mouvement reste appréciable pendant trois ou quatre jours, après lesquels il cesse d'être nettement mesurable.

Abandonné sous une charge nulle, un fil ayant atteint son équilibre sous 60 kg tend à se raccourcir et à revenir vers sa valeur initiale. Donc, au moins dans les conditions où nous avons opéré, les déformations sont en grande partie de nature passagère. Des déterminations répétées pourront seules nous montrer si une partie de la déformation est de nature permanente. Si tel était le cas, on pourrait attribuer ce changement durable soit à l'effacement de petites courbures qui auraient été imprimées au fil dans les manipulations de son ajustage, soit à l'écrouissage par traction des portions peu étendues fortement chauffées pour le soudage des réglettes.

La conclusion pratique à laquelle conduisent ces expériences est qu'un fil de bonne qualité, soumis pendant un temps prolongé à une charge de 60 kg n'éprouve pas de déformations dangereuses, susceptibles de justifier la crainte de le voir s'allonger indéfiniment, ou de se rompre sous la charge. Et comme, d'autre part, cette tension exagérée peut avoir pour effet d'annuler l'action ultérieure d'efforts normaux répétés, ou d'efforts que le fil pourrait accidentellement subir par une fausse manœuvre, on pourra juger utile de soumettre les fils neufs à cette charge maxima. Si un fil présentait quelque défaut caché, il céderait probablement sous la charge, ou serait tellement déformé qu'il s'éliminerait de lui-même avant le commencement des mesures. Si, au contraire, la charge a été bien supportée, le fil pourra être considéré comme bon ; toutefois, sa détermination définitive ne pourra être faite que quelques semaines après l'épreuve à la traction, de manière à ce que la partie passagère de la déformation ait eu le temps de disparaître.

Ces mesures conduisent aussi à quelques conclusions théoriques intéressantes. Un effort susceptible de produire une déformation élastique du fil égale à 1/550 de sa longueur laisse une déformation résiduelle passagère de l'ordre de 1/100000 ou de 1/220 environ de la déformation élastique; la déformation résiduelle correspond à un nouvel équilibre de l'alliage, stable sous la traction, mais qui devient instable aussitôt que l'effort mécanique cesse d'agir et tend à se détruire pour faire place à un nouvel équilibre stable[1]. Or la succession des équilibres est une fonction bien définie de l'effort, comme elle est une fonction de la température, lorsque cette dernière est variable. Nous ne savons pas encore s'il existe, pour les aciers-nickels, une relation entre ces deux fonctions et quelle peut être leur dépendance. Mais des expériences faites autrefois sur des verres par M. Weidmann, comparées aux résultats obtenus par Pernet sur le cristal et par moi-même sur le verre dur ont montré que, pour les corps vitreux, les fonctions thermiques et élastiques ont une allure analogue, linéaire ou plus ou moins parabolique à la fois pour les deux ordres de phénomènes. Si nous admettons qu'une relation analogue existe pour les aciers-nickels, on en conclura que les résidus élastiques doivent augmenter rapidement avec la charge, puisque l'expérience a montré (p. 263) qu'il en est ainsi pour les résidus thermiques. Si nous pouvions adopter pour les premiers la forme purement quadratique comme pour ceux-ci, on en conclurait que les déformations résiduelles qui

[1] Ch.-Éd. Guillaume. Les déformations passagères des solides. (Congrès de Physique de 1900, t. I, p. 432.)



se produisent sous la charge de 10 kg sont égales à 1/36 de celles qui ont été observées sous la charge de 60 kg et sont, pour un fil de 24 m, d'un ordre de grandeur inférieur au centième de millimètre, quantité tout à fait inappréciable dans les mesures faites sur les fils. On s'expliquerait aisément ainsi les résultats négatifs de nos observations sous 10 et 20 kg, et on serait d'autant plus rassuré sur l'action même très prolongée de ces efforts, à la condition, bien entendu, que la possibilité de déformations permanentes par écrouissage ait été éliminée par l'application préalable d'efforts beaucoup plus considérables.

Enroulage du fil. — La nécessité d'enrouler le fil sur lui-même pour le transporter semble, à première vue, enlever presque toute sa valeur à sa détermination précise dans un observatoire, pour s'en servir ensuite en campagne.

L'opinion exprimée autrefois par M. Jäderin sur ce point est que, pour des opérations importantes, il est nécessaire de déterminer la valeur du fil sur le terrain même de la base, en se servant d'une courte base auxiliaire, mesurée au moyen d'une règle. La longueur du fil étant connue, on part immédiatement sans l'enrouler, et on revient périodiquement vérifier sa valeur sur la base type. C'est ainsi, en particulier que l'expédition suédo-russe a opéré récemment au Spitzberg, et c'est cette méthode que nous avions toujours, M. Benoît et moi, jugée indispensable avant les expériences que je vais rapporter.

Il est nécessaire de se rendre compte tout d'abord des conditions dans lesquelles un fil doit être enroulé. Lors de sa fabrication, le fil a été placé sur une bobine

de grand diamètre, qui l'a contourné en hélice, en lui donnant, par une déformation permanente au sortir de la filière, la forme naturelle d'un ressort à boudin, dont le diamètre est compris entre 0,5 m et 1 m. Le ressort étant ramassé sur lui-même, si l'on tire l'une de ses extrémités dans le sens de son axe, chaque tour se détachera successivement et s'allongera de plus en plus, jusqu'à se rectifier complètement, si la traction est suffisante, à la condition que l'extrémité libre du fil puisse tourner sur elle-même sans être entravée en aucune façon.

En pratique, le déroulage doit être fait par trois opérateurs très exercés, dont les rôles sont les suivants: Le premier tient d'une main la torche de fil, et, de l'autre, aide au déroulement des tours successifs ; le second reprend chaque tour, en opposant une certaine résistance, de manière à ce que la tension se produise graduellement, et soit plus forte du côté de l'extrémité libre que du côté de la torche; le troisième s'éloigne lentement en ligne droite, en emportant l'extrémité du fil, fixée à un mousqueton formé de deux parties susceptibles de tourner très librement l'une par rapport à l'autre.

Pour l'enroulage, les opérateurs reprennent les mêmes positions. Celui du milieu prend chaque tour du fil à mesure qu'il se forme et le tend au premier, qui règle son diamètre, et rassemble les tours successifs dans ses deux mains placées à deux points diamétraux de la torche.

D'une manière générale, chacun des opérateurs doit veiller à ne jamais imposer au fil une forme qu'il n'ait pas une tendance à prendre naturellement ; et, grâce à

cette précaution, la limite élastique semble n'être jamais dépassée dans un fil de bonne qualité bien écroui.

Nos expériences relatives à l'enroulage et au déroulage sont encore peu nombreuses et n'ont pas un caractère systématique. Mais comme aucune d'elles n'a permis de soupçonner la moindre variation dans les fils, à moins cependant de succéder aux fortes tensions dont je viens de parler, nous pouvons admettre, au moins à titre provisoire, que l'enroulage pratiqué avec les précautions indiquées ci-dessus n'entraîne aucune déformation.

Voici quelques exemples des résultats obtenus jusqu'ici.

Du 9 au 16 novembre 1901, un fil de 24 m employé pour des mesures sur le terrain, est enroulé et déroulé trois fois; du 16 au 23, le fil était resté sous la tension de 10 kg.

On trouve pour sa longueur rapportée à la moyenne des fils en service :

	mm.
Le 9 novembre . . .	1,25
Le 16 » . . .	1,27
Le 23 » . . .	1,24

Le 11 juillet 1902, deux fils de 24 m sont déterminés le matin, et employés pendant toute la journée sur le terrain ; au cours des opérations, ils sont enroulés et déroulés chacun trois fois. Les résultats sont les suivants :

	Fil n° 1. — Base	Fil n° 2. — Base
Le matin . . .	— $2^{mm},46$	— $2^{mm},87$
Le soir	— $2^{mm},47$	— $2^{mm},87$

La concordance entre ces dernières mesures est trop parfaite pour n'être pas due en partie au hasard ; ce-

pendant, on n'échappera pas à la conclusion que les trois enroulages de chacun des fils et leur emploi sur le terrain pendant toute une journée ne les a pas modifiés d'une quantité appréciable.

Il est inutile de multiplier les exemples, qui ne feraient que confirmer, avec plus ou moins de précision les conclusions tirées de ceux qui viennent d'être rapportés ; mais je tiens à insister encore sur le fait que la conservation du fil dans l'enroulage est assurée seulement lorsqu'on se conforme rigoureusement au précepte de ne jamais lui imposer une forme qu'il ne tende pas à prendre naturellement ; les enroulages forcés, et toutes les manipulations imposant au fil une contrainte ont donné lieu à des changements de longueur, atteignant facilement 0,2 ou 0,3 mm pour 24 mètres.

Les changements ont même dépassé ces limites dans les conditions suivantes : Un fil, soumis à une traction permanente de 60 kg, a été passé, dans toute sa longueur, dans les mâchoires d'un étau garni de papier, de manière à subir un allongement de 3 mm, puis il a été soumis à une série d'enroulages et de déroulages dans lesquels il a subi un forcement. Le fil s'est alors raccourci graduellement, de manière à perdre les deux tiers de l'allongement qu'il avait éprouvé.

De telles manipulations sont évidemment excessives, et bien propres à produire des variations de la longueur du fil ; le fait qu'elles sont restées dans des limites étroites et que, après une déformation que l'on aurait pu croire définitivement acquise, le fil est revenu presque à sa longueur primitive est de nature à nous rassurer complètement au sujet de la tendance qu'il possède à conserver cette longueur toutes les fois qu'il

n'aura pas été traité brutalement, et même à y revenir lorsque, par l'effet d'une contrainte excessive, il s'en est un peu écarté.

Les résultats des expériences de traction nous fournissent quelques données intéressantes sur la grandeur des déformations résiduelles que peut produire l'enroulage.

Considérons un fil du diamètre usuel, ayant pris la forme normale d'un ressort à boudin de 1 m de diamètre. Si nous l'enroulons sur un cercle de 50 cm de diamètre, la déformation des fibres extrêmes sera de 1/600 environ, et la même déformation pour les fibres les plus tendues se reproduira en sens inverse si le fil est rectifié. Ces déformations correspondent à peu près à une charge de 60 kg, et nous savons que cette charge agissant pendant longtemps, produit des déformations passagères. Ces déformations deviendront sensibles sur la longueur du fil si une contrainte de même valeur absolue mais de sens contraire (extension ou compression) produit des changements passagers de valeur différente. Mais si ces changements ont la même valeur numérique et s'établissent ou disparaissent avec la même vitesse, on ne devra apercevoir aucune modification dans la longueur du fil.

Le résultat négatif des mesures faites pour constater l'effet de l'enroulage serait de nature à montrer qu'il en est bien ainsi. Cependant, il ne faut pas oublier, d'abord, que le calcul ne se rapporte ici qu'aux fibres les plus déformées, et que la majorité des éléments de volume de l'alliage sont soumis dans l'enroulage et le déroulage à une contrainte moindre ; en second lieu,

nous avons vu que la déformation par l'effort apparent[1] de 60 kg n'atteint sa limite qu'au bout de plusieurs jours, et qu'il en est forcément de même dans l'enroulage ; il conviendrait donc de vérifier nos conclusions lorsque les fils auraient été soumis à une contrainte de très longue durée.

Conclusions de l'étude des fils au laboratoire. — Les expériences qui viennent d'être rapportées et les conséquences qui semblent devoir s'en déduire devront être encore contrôlées par des recherches poursuivies systématiquement pendant plusieurs années. Mais les résultats déjà acquis semblent démontrer, au moins à titre provisoire, que des fils d'invar bien étuvés et manipulés en suivant une technique rigoureuse possèdent une stabilité assez grande pour que, dans le cours d'une campagne géodésique, leurs variations ne dépassent pas les limites des erreurs inhérentes aux mesures auxquelles ils servent. Et, si l'on remarque que, dans l'emploi d'un alliage particulièrement réussi, une incertitude de 30 degrés dans la mesure de la température entraîne une erreur du même ordre que celle qui résulte d'une incertitude de un dixième de degré dans l'emploi du système bimétallique acier-laiton, on n'hésitera pas à abandonner ce dernier, pour adopter exclusivement le fil d'invar, dont l'emploi simplifie considérablement la méthode, en augmentant sa précision dans une mesure inespérée.

[1] Cet effort directement mesuré n'est en effet qu'une moyenne sur toute la section du fil ; mais il est aisé de voir que le métal situé près de la surface du fil du côté interne de la courbe est soumis à une tension à peu près double, si le diamètre naturel d'enroulage est de 1 mètre.



La possibilité démontrée de l'enroulage et du déroulage, sans modification appréciable de la longueur du fil, achève de donner à la méthode toute la simplicité dont elle est susceptible. Assurément, le fait de n'avoir à mesurer qu'une très courte base pour la vérification des fils sur le terrain constituait déjà une grande simplification ; mais si même cette mesure peut être rendue superflue, il en résultera surtout un très notable allégement dans le matériel que doit emporter une expédition et dont la règle de 4 mètres avec ses accessoires constituent les colis les plus lourds et les plus encombrants.

En conclura-t-on qu'il suffise de partir en campagne avec un seul fil? Ce serait assurément commettre une singulière imprudence. D'abord, les expériences que je viens de rapporter sont encore trop récentes et trop peu nombreuses pour qu'on puisse affirmer avec certitude que des enroulages souvent répétés, le fait pour un fil de rester longtemps enroulé et un emploi continu en campagne sous tous les climats ne viendront pas en modifier les conclusions; puis, dans les opérations sur le terrain, avec les difficultés des journées pluvieuses ou de grand soleil, lorsqu'il faut, de plus, compter avec la fatigue que peuvent occasionner le vent ou la poussière et la lassitude des opérations sans cesse réitérées, on peut craindre que l'attention se relâche, que les mouvements perdent de leur sécurité ; à ce moment, l'intégrité du fil est à la merci d'une maladresse toujours possible, et, si elle se produit de manière à donner aux opérateurs quelques doutes sur la conservation de l'étalon, il est nécessaire qu'ils puissent, sans retard, procéder à une vérification au moyen d'autres fils restés intacts.

On peut même recommander de faire une telle vérification à de fréquents intervalles, par exemple chaque matin avant le commencement du travail. Et comme, en cas de discordance entre deux fils, les observateurs pourront se trouver dans l'embarras, il semble nécessaire qu'ils puissent rapporter le fil en service à la moyenne de plusieurs autres fils. Dans les pays où un remplacement est facile, deux ou trois fils de contrôle pourront suffire, tandis que, dans les contrées lointaines et d'accès difficile, une mission devra partir avec un minimum de six fils, dont un de service, deux au moins de contrôle permanent et trois de réserve, soit pour le remplacement des fils devenus douteux, soit pour la vérification, à intervalles éloignés, des fils de contrôle.

On remarquera que ces six fils pourront être emballés, de préférence dans deux boîtes distinctes, pesant chacune moins de 10 kg, et dont les plus grandes dimensions n'excèdent pas 60 cm.

L'intégrité du point de départ des mesures semble ainsi devoir être garantie, sinon avec une sécurité absolue aussi grande que par une règle étalon très bien construite, au moins avec une certitude qui suffit aux exigences de la géodésie actuelle.

Ces conclusions sembleraient, à première vue, en entraîner une autre, qui serait l'inutilité des règles de 4 mètres telles qu'elles ont été précédemment décrites. Ce serait sans doute aller un peu vite en besogne. D'abord, il se peut que de nouvelles études modifient dans un sens défavorable les indications données par celles que je viens de rapporter. Ensuite, je n'ai parlé, en ce qui concerne la permanence des fils, que d'une

durée de quelques mois, et de lointaines campagnes géodésiques peuvent s'étendre sur un espace de temps beaucoup plus prolongé ; de plus, on peut désirer obtenir, pour des bases de premier ordre, une précision plus grande que celle que peuvent donner les fils ; enfin indépendamment des installations du Bureau international, il est désirable que les grands services géodésiques possèdent tous les moyens de contrôle des fils dont ils font usage, et des bases d'essai sur lesquelles ils les repèrent. Pour toutes ces raisons, on devra considérer au moins pour le moment, les règles rigides comme des auxiliaires nécessaires des mesures géodésiques.

(*A suivre.*)

QUELQUES CHIFFRES RELATIFS

AUX

SAINTS DE GLACE

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire.

ET

Henri DUAIME[1]

Emile Plantamour dit à propos de cette question dans ses « Nouvelles études sur le climat de Genève » parues en 1876 (p. 58) : « Le retour à peu près constant de froids exceptionnels du 10 au 12 mai[2], à l'époque où l'on place les saints de glace, n'est confirmé en aucune façon par les observations faites à Genève; si l'on trouve pour quelques années, et même plusieurs années consécutives, un abaissement anomal de la température à cette époque, il s'en trouve d'autres

[1] Les principales conclusions de cette étude ont été communiquées par M. Duaime à la quatre-vingt cinquième session de la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève en septembre 1902. Voir *Archives*, XIV, p. 384.

[2] On compte plus généralement comme « saints de glace » les 11, 12 et 13 mai.

où la même époque est signalée par une élévation tout aussi anomale, et dans une moyenne de 50 années ces écarts, en moins et en plus, se compensent presque complètement. »

Ces conclusions pour le mois de mai sont déduites par Plantamour de l'étude des températures moyennes des *pentades*, groupes de cinq jours consécutifs, pour la période de 1826 à 1875. Nous reproduisons dans le tableau suivant les chiffres moyens des températures des pentades de mai, par *lustres*, tels que les donne

Températures moyennes des pentades de Mai.

Période	Mai	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
		°	°	°	°	°
1826-30		11.88	12.34	13.26	14.37	14.91
31-35		12.74	14.82	14.49	14.24	16.34
36-40		12.04	12.15	10.23	10.79	11.39
41-45		12.67	10.73	12.21	11.95	14.04
46-50		10.44	12.42	13.00	12.27	14.85
51-55		9.79	9.61	11.33	12.17	13.89
56-60		8.98	10.87	12.12	13.73	14.68
61-65		12.26	13.89	13.84	14.77	15.07
66-70		12.14	14.29	14.40	14.59	14.51
71-75		11.73	11.00	11.44	12.67	13.86
76-80		9.72	9.39	11.22	12.85	12.98
81-85		10.94	11.45	12.39	13.17	14.27
86-90		11.80	12.58	12.02	14.30	14.47
91-95		11.36	11.33	14.14	13.03	14.15
96-00		11.08	10.79	11.34	12.85	13.30
1826-50		11.95	12.50	12.64	12.72	14.31
1851-75		10.98	11.93	12.63	13.59	14.40
1876-1900		10.98	11.11	12.22	13.24	13.83
1826-1875		11.47	12.21	12.63	13.16	14.36
1826-1900		11.30	11.85	12.50	13.18	14.18

Plantamour et nous y joignons les chiffres analogues des cinq lustres suivants correspondant aux 25 années subséquentes, de 1876 à 1900. L'examen de ce tableau confirme absolument, dans le détail comme dans les résultats moyens, les conclusions de Plantamour que nous avons rappelées en commençant : La marche ascensionnelle de la température moyenne des pentades de mai est presque constante et l'adjonction des 25 dernières années améliore plutôt la régularité de la courbe ascendante de la température.

Mais le fait d'envisager les *températures moyennes* de périodes de cinq jours ou même simplement de jours permet-il de bien mettre en relief le rôle attribué par l'opinion publique aux saints de glace ? Les retours de froid se manifestent bien parfois par un abaissement général de la température, mais l'effet nuisible sur la végétation est surtout produit par des *gelées tardives*. Or la gelée du matin n'arrive guère que par un temps clair, et celui-ci peut amener ensuite une température assez élevée au milieu du jour suivant, de sorte que la température moyenne de ce jour atteindra un chiffre assez élevé. La température moyenne pourra donc ne pas signifier grand'chose, et mieux vaut, en ce qui concerne les saints de glace, envisager la question à un autre point de vue, en prenant en considération les *températures minima*, soit des jours présumés critiques, soit des jours qui les précèdent ou les suivent immédiatement.

C'est dans cette direction que l'étude de la question des saints de glace a été faite durant ces dernières années par quelques savants dont nous avons maintenant à résumer brièvement les travaux.

A la fin d'une étude sur les gelées précoces et tardives[1] d'après les observations faites à 16 stations forestières de 1878 à 1894, M. le prof. Dr Müttrich constatait que le nombre des cas de gel était sensiblement plus grand du 10 au 13 mai que pour les jours qui précèdent ou suivent cette période.

M. le prof. W. von Bezold démontra ensuite[2], sur la base du travail de M. Müttrich, que la fréquence du gel à cette époque ressortait encore plus nettement si l'on réunissait les jours de mai en groupes de trois jours. ou *triades* et si l'on tenait compte en outre de l'augmentation régulière normale de la température au mois de mai.

Dans un travail beaucoup plus étendu, M. V. Kremser[3] a examiné en 1900 la question sous toutes ses faces : Après avoir résumé les résultats trouvés par MM. Müttrich et von Bezold, il les a comparés à ce que l'on peut constater dans des conditions d'observation autres que celles en usage dans les stations forestières : soit par des thermomètres placés plus près du sol, soit par les thermomètres à minimum des stations météorologiques ordinaires.

M. Kremser trouve que, pour la même période de 1878 à 1894, les résultats de MM. Müttrich et von Bezold sont confirmés par ceux des stations suivantes : Marggrabowa (température sur le sol et température de

[1] Ueber Spät- und Frühfröste. *Zeitschrift für Forst und Jagdwesen*, Avril 1898.

[2] Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn Müttrich. *Meteorologische Zeitschrift*, 1899, p. 114.

[3] Beiträge zur Frage der Kälterückfälle im Mai. *Meteorologische Zeitschrift*, 1900, p. 209.



l'air), Klaussen et Berlin (température de l'air). Partout, pour cette période, la triade du 11 au 13 mai présente un minimum moyen inférieur à celui des jours qui précèdent et de ceux qui suivent, ainsi qu'un plus grand nombre de jours de gel ou de jours où le minimum est resté au-dessous de 2° ou de 4° centigrades.

M. Kremser a examiné ensuite, pour les stations de Klaussen et de Berlin, si cette conclusion, vraie pour une certaine période de 17 ans, restait vraie pour une période plus longue. Ici le résultat de son étude a été négatif : En prenant en considération une période de 50 années, de 1848 à 1898, l'anomalie, constatée clairement pour la période de 1878 à 1894, disparaît complètement et M. Kremser termine cette partie de son intéressant travail par la conclusion suivante : « Un certain danger de gelée existe d'une façon indiscutable au mois de mai. Mais en ce qui concerne les saints de glace, pourvu que l'on fasse entrer en ligne de compte une période suffisamment longue, ils ne se manifestent pas comme spécialement dangereux. Le risque de gelée diminue au contraire régulièrement du commencement à la fin du mois de mai. »

Il nous a paru intéressant, par le fait de la situation géographiquement différente de Genève de vérifier ces diverses conclusions sur la longue série de nos observations genevoises. Nous avons réuni à cet effet les températures minima de tous les jours de la fin d'avril jusqu'à la fin de mai. Nous avons, comme MM. von Bezold et Kremser, groupé ces jours trois par trois en *triades* et nous avons apprécié les températures minima des deux façons adoptées avant nous : *a*) par le nombre des jours

d'une triade où le minimum avait été égal ou inférieur à l'une des températures de 0°, 2° ou 4°; *b*) par la valeur du minimum moyen de la triade.

Nous avons calculé d'abord les chiffres pour la période de 1878 à 1894 et trouvé les résultats consignés au tableau suivant :

1878-1894

Avril-Mai	Nombres de minima $\leqq 0°$	$\leqq 2°$	$\leqq 4°$	Minimum moyen
29- 1	0	4	10	6°.5
2- 4	0	2	10	6.9
5- 7	0	2	7	6.8
8-10	0	3	8	6.6
11-13	0	1	8	7.3
14-16	0	1	8	7.6
17-19	1	1	7	8.4
20-22	0	1	5	8.7
23-25	0	2	3	9.2

Les gelées proprement dites sont réduites à *une* durant cette période et il faut plutôt envisager les cas de températures inférieures à 2° ou à 4°, ou les minima moyens. On ne retrouve pas alors, comme pour les stations de la Prusse, un retour de froid pour la triade du 11 au 13 mai. Ce sont les triades précédentes, surtout celle du 8 au 10, qui offrent ce caractère de refroidissement relatif, quoique à un degré peu marqué.

Nous avons ensuite étendu notre étude, sur les mêmes bases, en avant jusqu'en 1902, en arrière jusqu'en 1826, époque à laquelle on a commencé à faire des observations du minimum dans les mêmes conditions où on les fait encore. Pour la période antérieure à

1826, il n'y avait pas de thermomètre à minimum, mais on faisait une observation le matin au lever du soleil, laquelle peut, en quelque sorte, être substituée à l'indication du minimum. Ces observations se sont faites de décembre 1798 à la fin de 1821 à l'ancien jardin botanique, à une distance de 400 m. de l'emplacement de la station météorologique de l'observatoire et à un niveau de 11 mètres au-dessous. De 1822 à 1825 les observations ont été prises à une altitude encore inférieure, au nouveau jardin botanique, et il n'y a pas possibilité d'en tenir compte dans une étude comme celle-ci qui exige des périodes un peu longues.

Les observations faites de 1799 à 1821 au lever du soleil ne fournissent donc pas les minima de température et ne peuvent pas être comparées aux lectures de températures minima faites de 1826 à 1902 ; mais elles sont au moins comparables entre elles. Ces températures sont forcément aussi plus élevées, en moyenne, que les minima et nous avons, à cause de cela, tenu compte aussi des cas où la température au lever du soleil était inférieure ou égale à 6°. Pour cette période il y a par suite une colonne de plus au tableau suivant: ce tableau a été établi pour quatre périodes comptant chacune environ ou exactement un quart de siècle et comprenant les années: de 1799 à 1821, de 1826 à 1850, de 1851 à 1875 et de 1876 à 1902.

En examinant ces séries de chiffres, on constate tout d'abord, pour la dernière qui concorde à peu de chose près avec la période de 1878 à 1894 déjà considérée, qu'on trouve seulement une indication de refroidissement relatif entre la triade du 5 au 7 et celle du 8 au 10 mai. Si l'on y ajoute les chiffres de la troisième

série, on trouve alors pour le dernier demi-siècle un résultat général concordant tout à fait avec ce que M. Kremser avait trouvé pour la période de 1848 à 1898 à Klaussen et à Berlin : Les températures minima moyennes croissent régulièrement pendant le mois de mai.

1799-1821

Avril-Mai	Nombres de températures au lever du soleil ≦ 0°	≦ 2°	≦ 4°	≦ 6°	Temp. moyenne au lever du soleil
					°
29- 1	2	6	13	28	7.2
2- 4	0	1	8	20	8.3
5- 7	0	4	6	12	8.8
8-10	0	1	3	11	9.4
11-13	0	1	7	11	9.0
14-16	0	1	2	12	9.2
17-19	2	4	7	10	9.6
20-22	0	0	0	1	11.1
23-25	0	1	3	4	11.0

1826-1850

Avril-Mai	Nombres de minima ≦ 0°	≦ 2°	≦ 4°	Minimum moyen
				°
29- 1	4	9	20	5.4
2- 4	3	11	14	6.8
5- 7	1	3	13	6.8
8-10	0	1	10	7.2
11-13	2	9	15	6.8
14-16	1	2	3	8.1
17-19	0	2	10	7.7
20-22	0	2	6	8.5
23-25	0	2	4	8.9

1851-1875

Avril-Mai	Nombres de minima ≦0°	≦2°	≦4°	Minimum moyen
29- 1	2	7	21	5°.8
2- 4	1	8	19	6.2
5- 7	6	11	17	6.7
8-10	1	3	12	7.7
11-13	0	0	4	8.1
14-16	0	0	6	8.2
17-19	0	3	11	8.5
20-22	0	2	8	8.1
23-25	1	4	5	9.3

1876-1902

Avril-Mai	≦0°	≦2°	≦4°	Minimum moyen
29- 1	0	4	15	6.5
2- 4	0	4	15	6.6
5- 7	1	3	13	6.5
8-10	0	4	12	6.6
11-13	0	2	11	7.1
14-16	0	1	15	7.3
17-19	1	3	9	8.0
20-22	0	2	9	8.3
23-25	0	2	4	9.2

Mais dans les deux périodes antérieures, nous trouvons en revanche que la triade du 11 au 13 mai ressort comme froide aux deux points de vue considérés, et cela d'une façon particulièrement nette pour la période de 1826 à 1850. Il y a donc eu à Genève pendant le deuxième quart du XIXme siècle, comme en Prusse pour le dernier quart, un refroidissement nocturne bien caractérisé au moment des saints de glace. On trouve pour cette triade 9 cas de minimum au-dessous de 2°,

comme pour la triade du 29 avril au 1er mai ; et le minimum moyen s'abaisse à 6°.8, soit à 0°.4 au-dessous de celui de la triade précédente et à 1°.3 au-dessous de celui de la triade suivante. Des constatations analogues, quoique moins caractéristiques peuvent être faites pour les températures au lever du soleil de la période précédente. Il a suffi de cette coïncidence, probablement fortuite. d'un refroidissement sensible de la température minimum à cette époque du mois de mai pendant un certain nombre d'années, pour avoir ancré dans beaucoup d'esprits la croyance au rôle joué par les saints de glace.

Il s'agissait ensuite de voir, comme M. Kremser l'a fait pour Klaussen et Berlin sur des périodes de 10 ans, si le refroidissement vers le moment des saints de glace se reproduit avec une certaine périodicité. Nous avons groupé pour cette étude les années du XIXme siècle de cinq en cinq, par lustres, et comme les nombres de cas de températures basses devenaient alors trop faibles, nous nous sommes contentés de calculer les températures moyennes pour chaque triade. Les résultats de ce calcul sont donnés dans le tableau de la page 555, contenant deux séries de chiffres : la première fournissant les températures moyennes au lever du soleil de 1801 à 1820, la deuxième les minima moyens de 1826 à 1900. Au bas du tableau on trouve également les valeurs moyennes des minima groupées pour les trois séries de 25 ans et pour la période entière de 75 ans.

Températures moyennes ou minima moyens par lustres.

Avril-Mai	29-1	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25
				Température moyenne au lever du soleil					
1801-05	8°.7	10°.2	9°.9	11°.2	8°.3	6°.6	6°.7	10°.2	11°.3
06-10	6.0	7.7	8.4	8.0	9.4	11.4	12.7	11.9	12.2
11-15	7.0	8.0	8.8	9.7	9.2	9.6	8.9	10.9	9.4
16-20	6.7	7.0	7.6	8.4	8.6	8.5	9.8	11.7	11.2
21-25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				Minimum moyen					
1826-30	4.2	5.5	6.3	6.6	7.5	8.2	8.1	9.1	9.3
31-35	5.5	7.5	7.2	8.4	9.2	9.1	8.8	10.8	10.1
36-40	5.5	7.6	7.6	7.4	4.0	7.5	5.6	6.8	6.9
41-45	6.8	8.2	5.6	6.6	5.7	7.2	7.9	6.9	8.8
46-50	5.1	5.1	7.5	6.9	7 6	8.6	8.0	8.6	9.7
1851-55	4.2	5.8	5.6	4.7	7.9	7.4	7.5	5.4	9.2
56-60	5.9	5.2	5.8	7.6	8.5	7.5	8.7	9.1	9.3
61-65	6.0	6.8	7.9	9.6	8.4	9.2	9.3	8.9	9.3
66-70	7.1	6.5	7.9	9.8	9.8	9.7	8.7	9.8	8.6
71-75	5.9	6.9	6.4	6.6	6.2	7.0	8.2	7.4	10.2
1876-80	6.0	5.9	7.5	5.8	7.2	7.0	8.6	6.8	8.0
81-85	5.9	7.4	7.0	6.7	6.3	6.9	7.1	8.9	9.0
86-90	7.6	6.6	6.3	7.8	7.4	7.3	9.5	8.7	9.3
91-95	6.1	6.7	6.8	7.0	8.4	8.5	7.5	9.4	10.0
96-00	7.9	6.2	6.1	6.3	6.8	6.8	8.0	8.6	9.9
1826-1850	5.4	6.8	6.8	7.2	6.8	8.1	7.7	8.5	8.9
1851-1875	5.8	6.2	6.7	7.7	8.1	8.2	8.5	8.1	9.3
1876-1900	6.7	6.6	6.7	6.7	7.2	7.3	8.1	8.5	9.2
1826-1900	6.0	6.5	6.7	7.2	7.4	7.9	8.1	8.4	9.1

On trouve ici un certain nombre de périodes pour lesquelles un refroidissement plus ou moins accentué se manifeste, soit pour la triade des saints de glace, soit pour les deux triades voisines. Voici la liste de ces lustres par ordre chronologique :

Mai	*8-10*	*11-13*	*14-16*
	1806-1810	1811-1815	1801-1805
	1846-1850	1836-1840 [1]	1816-1820
	1851-1855	1841-1845	1851-1855
	1876-1880	1861-1865	1856-1860
		1871-1875	1876-1880
		1881-1885	1886-1890

Pour aucune de ces triades nous ne constatons une périodicité régulière et nous trouverions des exemples analogues de refroidissement relatif aux autres moments du mois de mai. On trouverait également pour ces trois triades des périodes de réchauffement relatif comme, par exemple, celles de 1816-20, 1831-35, 1851-55, 1856-60, 1876-80, pour la triade du 11 au 13 mai.

Nous pouvons donc conclure à peu près comme l'a fait M. Kremser : Au cours du XIXme siècle, il s'est présenté pour un certain nombre de lustres des abaissements relatifs du minimum de la température pour certains moments du mois de mai, mais cela sans aucune régularité. Dans l'ensemble des observations, cet

[1] Dans la première note consacrée à ce sujet, dans les *Archives* (XIV, p. 384), il s'est glissé une faute d'impression, p. 386 à la fin : La série d'années la plus remarquable pour la période de refroidissement correspondant aux saints de glace n'est pas la série de *1830* à 1843, mais celle de *1836* à 1843.

abaissement ne s'est pas produit plus souvent aux jours dits « saints de glace » qu'aux autres. Et dans la moyenne générale des 75 dernières année du siècle, le minimum moyen a pris des valeurs régulièrement croissantes du commencement à la fin du mois de mai.

Pour terminer, il ne sera pas superflu de donner quelques indications sur la date de la *dernière gelée à glace* du printemps d'après Plantamour et d'après les observations faites de 1876 à 1902 : Durant cette période de 77 ans, la dernière gelée à glace est survenue 13 fois en mars, 50 fois en avril et 14 fois en mai. La date moyenne de cette dernière gelée, à Genève, correspond au 16 avril ; la date la moins avancée qui ait été constatée est le 20 mars, en 1848 ; la date la plus tardive est le 25 mai, en 1867. Une seule fois, la dernière gelée est tombée sur un des prétendus saints de glace, le 12 mai 1837.

ETUDE DES SEICHES AU JAPON

LES SEICHES

DES LACS BIWA ET HAKONE

PAR

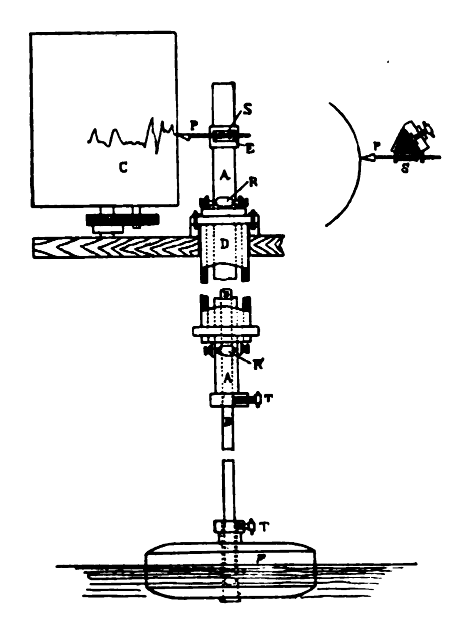
S. NAKAMURA et Y. YOSHIDA.

Reproduit de *Tokyo Sugaku-buturigakkwai Hokoko*, n° 15.

Les observations des « seiches » dans les lacs japonais ont été commencées en 1901 par le Comité des recherches sur les tremblements de terre, à la demande du professeur Nagaoka. Le présent rapport préliminaire a trait aux observations faites par nous pendant les vacances d'été de l'année dernière, sur les lacs Biwa et Hakone. Le premier de ces lacs a été choisi comme étant le plus grand de notre pays, il a plus de 60 kilomètres de long et 17 de diamètre dans sa partie la plus large. Le second, quoique très petit, a été choisi à cause de sa forme qui paraissait particulièrement adaptée aux observations de ce phénomène. En 1891, le prof. Burton, en observant des galets qui étaient régulièrement couverts et découverts par l'eau, remarqua sur ce dernier des « seiches » ayant une période de 55 secondes.

L'instrument que nous employions était le limnimètre

transportable Sarasin tel qu'il est décrit en détail par Ebert dans l'« Instrumentenkunde. » Nous pensions qu'il serait désirable de faire des observations simultanées dans deux endroits différents, et nous construisîmes dans ce but un limnimètre d'un modèle plus simple. Dans la figure ci-jointe A, est une tige creuse triangulaire en laiton, longue d'un mètre, qui est maintenue verticale et se



meut librement entre deux séries de trois rouleaux R et R' fixés aux deux bouts d'un tube directeur cylindrique D. B est une tige de cuivre de 106 cm de long et un demi centimètre de rayon. A sa partie inférieure, un flotteur F formé par une feuille de zinc, est fixé par T', sa partie supérieure est enfilée dans l'espace vide de A, et quand sa longueur est convenable elle est fixée à

A par T. P est une plume attachée à A et dirigée normalement vers la face du cylindre enregistreur C. La position de P peut être modifiée par une pièce mobile E et sa pression contre le cylindre est réglée au moyen d'un ressort S.

Avant de commencer des observations régulières nous cherchâmes à comparer notre nouveau limnimètre avec celui de Sarasin, à Imazu, une de nos stations sur le lac Biwa, mais nous vîmes bientôt que quoi qu'ils fussent essayés exactement dans les mêmes conditions, ils ne donnaient pas les mêmes résultats. Quand nous eûmes modifié son instrument en fixant la plume directement à la tige verticale, comme dans le nôtre, et en maintenant sa partie enregistratrice dans une position verticale, les deux courbes devinrent semblables. Nous employâmes son appareil sous cette forme et dans cette position modifiées.

Les observations sur le lac Biwa furent commencées le 30 juillet et continuées jusqu'au 23 août (observateurs : H. Nagaoka, S. Nakamura et Y. Yoshida) et nous allâmes au lac Hakone, où nous travaillâmes du 28 août au 4 septembre (observateurs : H. Nagaoka, K. Honda, A. Kuwaki et Y. Yoshida), puis nous retournâmes au lac Biwa pour y reprendre notre travail du 6 septembre au dernier jour de ce mois (observateurs : K. Honda, A. Kuwaki et Y. Yoshida). A. Hakone, nous nous occupâmes, quand le temps le permettait, à faire des sondages du lac qui nous permirent ensuite de comparer les périodes observées avec les valeurs calculées d'après cette base. Nous regrettons vivement que des sondages n'aient pas été faits dans le lac Biwa par suite de manque de moyens.

Les périodes observées à nos stations du lac Biwa sont résumées dans le tableau suivant. La première colonne donne pour chaque station les périodes observées en minutes, et dans la seconde colonne le nombre d'oscillations qui ont servi à calculer les périodes données dans la première colonne.

Imazu.	
63.37m	9
39.15	3
30.14	258
27.15	4
21.97	4
18.07	41
9.41	369
8.46	250
6.47	28
5.14	20
4.50	10

Wani.	
18.30m	5
8.2	5

Chomeiji.	
31.53m	20
9.71	19

Shiotsu.	
39.25m	1
37.74	2
35.42	2
30.48	35
27.31	2
20.39	7
17.91	9

Kaizu.	
29.92m	26
11.62	97

Katsuno.	
69.52m	5
16.46	8
11.65	13
9.15	53

Okinoshima.	
9.76m	20
7.61	8
5.61	18

Otsu.	
231.06m	14
223.91	9
205.60	4
124.00	8
72.94	26
65.50	3
30.27	27
25.68	33
23.99	28
21.13	18
9.82	10
8.54	25
7.08	11

Seta.	
69.45m	12
32.34	29

Hikone.	
163.50m	2
11.26	4
30.26	115
25.29	167
22.18	121
18.38	49
16.54	85
13.60	36
10.33	111
8.43	13

Chikubushima.	
61.12m	5
30.71	10
11.05	16

Nagahama.	
31.04m	134
30.86	169
24.85	36
22.83	72
17.33	46
14.36	37
11.73	115
9.48	6
6.71	5

Katada.	
72.60m	8
32.10	11
10.70	10

Les périodes observées à Hakone sont :

Hakone.		Umijiri		Hotokegasaki.		Hyakkan.		Takogawa.		Motohakone		Moy.
15.38m	40	13.36m	104	m		15.41m	29			m		15.38m
6.79	620			6.57	70			6.75m	73	6.71	39	6.76
4.53	433	4.54	28							4.82		4.63
3.90[1]	164	3.10	102	3.12	151							

Suivant la formule généralement adoptée de Mérian, la période fondamentale est donnée par :

$$T = \frac{2L}{\sqrt{gh}}$$

où L est la longueur et h la profondeur du lac. Mais comme les lacs n'ont pas une profondeur uniforme, il nous faut prendre une profondeur moyenne en employant cette formule. Et comme il y a plusieurs manières d'estimer cette profondeur moyenne, nous obtenons plusieurs valeurs différentes de T.

En tirant une ligne courbe le long de la ligne médiane du lac, sa longueur est égale à 6570 mètres, qu'on divise en 64 segments équidistants, puis on fait des sections transversales et on les marque sur papier quadrillé. Nous avons ainsi 63 sections avec deux sections terminales d'une aire zéro. Les aires d de ces sections sont déterminées par un planimètre et divisées par les longueurs transversales correspondantes λ de la surface libre et on obtient ainsi les profondeurs moyennes h de ces sections.

(1) Quand la profondeur moyenne h_m est calculée par

$$h_m = \frac{\Sigma h}{64}$$

nous trouvons que $h_m = 2460,3$ cm. de sorte que

$$\sqrt{h_m} = 49.59$$
$$L = 657000^{cm}$$
$$T = 14.40^m$$

(2) Quand on calcule la moyenne de la racine carrée de h par

$$(\sqrt{h})_m = \frac{\Sigma \sqrt{h}}{64'}$$

on trouve que

$$(\sqrt{h})_m = 48.55$$

et

$$T = 14.41^m$$

(3) Quand h est marquée sur un papier quadrillé et h_m calculé au planimètre on trouve que

$$h_m = 2414.7^m$$
$$\sqrt{h_m} = 49.14$$
$$T = 14.29^{cm}$$

(4) Quand $\sqrt{h}$ est marqué et que sa valeur moyenne, trouvée au planimètre est

$$(\sqrt{h})_m\ 48.60$$

ce qui donne

$$T = 14.31^m$$

(5) Le volume total et la surface totale du lac sont mesurés au planimètre, et la profondeur moyenne obtenue en divisant le volume total par la surface se trouve être

$$h_m = 2668.^{cm}$$
$$\sqrt{h_m} = 51.65$$
$$T = 13.51^m$$

(6) Si l est la distance entre deux sections consécutives et h' et h'' les profondeurs moyennes à ces deux sections, la valeur moyenne de $\sqrt{h}$ entre ces sections sera

$$(\sqrt{h})_m = \frac{1}{l}\int_0^l \sqrt{h}\,.\,dx.$$

Admettons maintenant que la profondeur h ou un

point x quelconque entre ces deux sections, soit donnée par

$$h = h' + \frac{h'' - h'}{l} . x$$

alors nous avons

$$(\sqrt{h})_m = \frac{2}{3} \frac{(h''^{\frac{3}{2}} - h'^{\frac{3}{2}})}{(h'' - h')}.$$

Calculant T par la formule

$$T = \frac{2l}{\sqrt{g}} \cdot \frac{3}{2} \left\{ \frac{h_1 - h_0}{h_1^{\frac{3}{2}} - h_0^{\frac{3}{2}}} + \frac{h_2 - h_1}{h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}} + \ldots \right\}$$

où $l = \frac{L}{64}$ et h_0 h_1 h_2..... sont les profondeurs moyennes de plusieurs sections, nous trouvons que

$$T = 15.75^m$$

(7) En supposant toujours que $h = h' + \frac{h'' - h'}{l} x$ nous voyons que

$$\int_0^l \frac{dx}{\sqrt{h}} = \frac{2l}{\sqrt{h''} + \sqrt{h'}}$$

et en calculant T par la formule

$$T = \int_0^l \frac{2dx}{\sqrt{gh}} + \int_l^{2l} \frac{2dx}{\sqrt{gh}} + \ldots\ldots$$

$$= \frac{2}{\sqrt{g}} . 2l. \left\{ \frac{1}{\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1}} + \frac{1}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} + \ldots \right\}$$

nous trouvons que T = 16.32 m.

Ainsi nous voyons que la plus longue de nos périodes observées à Hakone concorde presque avec les valeurs calculées pour l'oscillation fondamentale. Si nous réflé-

chissons à l'irrégularité de la forme du lac nous sommes étonnés de l'accord si approximatif entre les valeurs observées et les valeurs calculées.

Le fait que la plus longue période observée, de 15^{m},4 correspond à l'oscillation fondamentale du lac Hakone peut être démontré par la comparaison des moments de hautes eaux aux deux stations terminales, Hakone et Umijiri. Le tableau suivant donne un exemple de cette comparaison.

Umijiri.	Hakone.	Diff.
15^{h} 8.7	15^{h} 1.3	7.4
24.8	17.0	7.8
39.2	31.7	7.5
54.9	75.2	9.7
10^{h} 10.6	16^{h} 1.2	9.4
25.6	17.2	8.4
		8.37

Ce tableau montre clairement que ces deux stations sont dans des phases exactement opposées par rapport à l'ondulation de la période 15.4. Le fait que nous ne retrouvons pas cette période à Hotokegasaki et à Takogawa, qui sont deux stations intermédiaires doit être interprété dans le sens que ces points sont des nœuds pour cette oscillation.

En comparant les moments de hautes eaux pour la vague de la période 6.8^{m} nous voyons également que Hakone et Hotokegasaki sont dans des phases opposées tandis que Motohakone et Hakone sont dans la même et que Takogawa et Hakone sont de nouveau dans des phases opposées.

Cette année nous avons transporté notre instrument

dans la baie de Osaka afin de constater l'existence des vagues fixes dans la baie. Nos observations n'ont pas encore été poussées assez loin pour que nous puissions en tirer des conclusions précises mais il est presque certain que la baie a ses oscillations propres. Nous avons fait aussi des observations relatives aux seiches dans les lacs Hamana, Kawaguchi et Yamanaka mais dans ces lacs le phénomène est tout à fait insignifiant. Les relevés sur ces points et d'autres importants dont nous ne parlons pas ici, seront donnés dans le rapport du comité des recherches sur les tremblements de terre.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 21 janvier 1903.

Dr A Schenk. Crânes de Chamblandes. — A. Borgeaud. Détermination de l'origine des viandes par les sérums précipitants. — Dr L. Pellet. Sur les inextinguibles.

M. le Dr A. Schenk fait une communication sur les squelettes préhistoriques de Chamblandes au point de vue anthropologique. (*Bulletin Société vaudoise des sciences naturelles*, septembre 1902 et mars 1903).

M. A. Borgeaud, directeur des abattoirs de Lausanne, communique les résultats de ses recherches sur l'*emploi des sérums précipitants pour la détermination de l'origine des viandes*.

Lorsqu'on inocule à un animal d'expérience, un lapin par exemple, du sang défibriné d'une autre espèce, le cheval, et qu'on répète ces inoculations tous les deux jours pendant un certain temps, le sérum du lapin acquiert la propriété spécifique de troubler puis de produire un précipité au sein des solutions de sang de cheval, tandis qu'il est indifférent vis-à-vis des solutions de sang d'autres espèces, telle que le bœuf, le mouton, le chien, le rat, etc. D'une façon générale, on peut dire que le sérum d'une espèce A préparée par des injections de sang d'une espèce B a la propriété spécifique de précipiter les solutions de sang de l'espèce B, mais seulement celles-là. On donne à ce sérum le nom de sérum précipitant. Ces faits, connus

depuis les travaux de Belfanti et Carbone et surtout de Bordet et d'autres travaux parus en 1898, n'ont guère été utilisés pratiquement que depuis l'année dernière. Uhlenhut a démontré qu'au moyen de cette réaction, on pouvait déterminer l'origine de traces de sang rencontrées sur des habits, des meubles, des planchers, etc. L'idée de rechercher si elle était applicable à la détermination de l'origine des viandes devait naturellement se présenter à l'esprit et quelques recherches ont déjà été faites en Allemagne, en particulier par Iess et par Nötel. M. Borgeaud a fait de très nombreuses expériences pour se rendre compte si la réaction est utilisable pour déceler la présence de la viande de cheval. Auparavant, il fallait s'assurer toutefois si le sérum d'animaux non préparés possédait quelquefois des propriétés précipitantes. Dans plus de cent expériences exécutées en faisant agir successivement du sérum de cheval, bœuf, mouton, porc, chien, lapin, sur ces extraits de viande des mêmes espèces, il s'est assuré que ces extraits n'étaient pas précipités.

Il en est tout autrement si l'on emploie le sérum d'un animal préparé par des injections de sang de cheval; celui-ci (sérum lapin-cheval) provoque presque instantanément, dans les extraits de sang ou de viande du cheval, un trouble qui se transforme bientôt en un véritable précipité. La réaction est surtout nette si l'on fait glisser le sérum le long des parois de l'éprouvette de façon à ce qu'il ne se mélange pas avec l'extrait. Au point de contact des deux liquides, il se forme un trouble caractéristique. La réaction se produit déjà à froid, mais il est préférable toutefois de placer les tubes dans le bain-marie 30°.

Le sérum lapin-cheval laisse clairs les extraits de viande de bœuf, porc, mouton, lapin, rat.

Ce n'est pas du reste seulement avec les extraits de sang ou de viande de cheval que la réaction se produit. M. Borgeaud a démontré que les extraits de foie, rate, poumon, graisse de cheval sont précipités. On pouvait admettre que c'est grâce au contenu en sang de ces tissus que la réaction se produit. Mais les extraits faits avec la corne du sabot

de cheval sont également précipités et dans deux cas des extraits préparés avec des poils l'ont aussi été.

Ces extraits doivent être préparés à froid dans la solution physiologique de chlorure de natrium à 7 °/₀₀ dans la proportion de un gramme de viande pour 200 de solution physiologique. On laisse macérer quelques heures puis on filtre à travers un triple filtre de papier. Il est indispensable que les solutions soient très claires. Il est indispensable aussi de toujours garder des tubes témoins à côté des tubes auxquels on a ajouté le sérum.

Le sérum lapin-cheval garde ses propriétés précipitantes même lorsqu'il est chauffé à 65°-80°, soit jusqu'au moment où il se gélatinise. D'autre part, ont peut chauffer les extraits de tissus jusqu'à 70° et ils sont encore précipités.

Cette méthode peut parfaitement être utilisée pour l'analyse de saucisses non cuites. Il faut seulement se mettre en garde contre certaines causes d'erreurs ; par exemple, la présence de graisses rances suffit quelquefois pour produire un trouble lorsqu'on chauffe les extraits préparés avec des saucisses, mais comme il se produit également dans les tubes témoins, il suffit de recommencer l'opération après avoir chauffé l'extrait de saucisse jusqu'à environ 50° pendant dix minutes ; on obtient alors un extrait qui ne précipite plus à moins que la saucisse contienne de la viande de cheval. Appliquée à l'analyse d'environ cinquante échantillons de diverses saucisses, la réaction a permis de déceler dans cinq d'entre elles la présence de cheval. Cette question des sérums soulève du reste quantité de problèmes qui rendent nécessaire une étude plus complète de ces corps et de leur analogie avec les sérums hémolytiques. M. Borgeaud poursuivra ses recherches.

M. le prof. Pelet résume ses conclusions en ce qui concerne l'emploi des *calorifères à feu continu ou inextinguibles.* Après avoir défini ces appareils, il donne les normes servant à apprécier leur valeur pratique et termine en indiquant les valeurs obtenues par l'examen d'un certain nombre de types d'appareils.

Séance du 4 février

F. Corboz. Flore d'Aclens. — F.-A. Forel. Les glaciers vont-ils disparaître ? — Dr Machon. Acridiens de l'Argentine.

M. F. Corboz. *Contributions à la Flore d'Aclens.*

Ensuite de ses dernières recherches et de la détermination d'espèces récoltées depuis quelques années déjà, par le moyen de deux ouvrages spéciaux — les *Maladies des plantes agricoles*, de M. Prilleux, Paris, 1895. et le *Hifsbuch für das Sammeln parasitscher Pilze*, du Dr Lindau, Berlin, 1901 — l'auteur présente une nouvelle liste d'espèces à ajouter à celles qui ont déjà paru depuis 1887 à 1900 à diverses reprises.

Ce sont en majeure partie les Cryptogames qui ont retenu son attention, car tandis que les Phanérogames sont seulement au nombre de 10, les premières comptent 75 espèces, surtout des maladies des plantes cultivées. En ajoutant ces 85 espèces nouvelles aux anciennes, on arrive au total de 917 Phanérogames et 879 Cryptogames, soit en tout 1796 espèces, pour un territoire exploré comprenant environ 4 kilomètres carrés de superficie, à une altitude moyenne de 460 mètres. C'est déjà considérable et cependant les Crytogames surtout sont loin d'être toutes découvertes, leur nombre dépasserait certainement de beaucoup celui des Phanérogames, si l'on pouvait arriver à les connaître toutes.

M. F.-A. Forel étudie la question posée récemment par M. le professeur Kilian, de Grenoble, qui lui a donné une réponse positive : les glaciers vont-ils disparaître ? Se basant sur les observations modernes et anciennes des glaciers qui n'exigent pas des conclusions dans le sens d'une diminution continue des surfaces enneigées, sur les notions théoriques de la variation des glaciers, sur les études classiques de la variation de climat, (Louis Dufour, 1870, Ed. Brückner, 1890), se basant surtout sur le fait que depuis l'époque antéhistorique des palifitteurs, la faune et la flore n'ont pas sensiblement varié, ce qui im-

plique une constance générale du climat, M. Forel ne voit pas de raisons suffisantes pour admettre la disparition prochaine des glaciers; il croit au contraire qu'à la phase actuelle de décrue succèdera plus ou moins prochainement une nouvelle phase de crue.

Dans cet ordre de faits, M. Forel signale une tendance à l'allongement qui se serait manifestée dans l'année 1902 chez quelques glaciers des Alpes valaisannes, vaudoises et bernoises.

M. le Dr Machon fait circuler une photographie prise à Rosario (République Argentine) et représentant une nuée de sauterelles en train de passer au-dessus du fleuve Parana, qui à cet endroit présente une largeur de près de 40 kilomètres. M. Machon montre ensuite un exemplaire d'une espèce de sauterelle, heureusement rare, et provenant de la province de Saï Luau (Rép. Argentine). Cet acridien, *Tropidacris cristata L.* a été décrit pour la première fois en 1748 par Linné et se rencontre au Brésil, au Paraguay et dans le Chaco. Il a fait quelquefois son apparition dans les provinces andines de Mendoza, de San Juan et de Catamarca. Cette sauterelle géante atteint une longueur de 10 à 12 $^1/_2$ cm. tandis que la sauterelle commune de la Rép. Argentine *(Stauronotus masoceanus)* ne mesure généralement que 4 cm. et le criquet d'Algérie *(locusta viridisima)* 5 cm. Sa couleur est marron foncé, tandis que celle de l'espèce commune est vert émeraude avec une ligne roussâtre sur le corselet.

Le *Tropidacris cristata* est excessivement vorace et lorsqu'il voyage sous forme de petites nuées, là où il s'arrête il détruit en un clin d'œil toute la végétation.

Les habitants de ces régions disent qu'il est fréquemment attaqué par un parasite, qui pénétrant dans le corps de l'animal entre la tête et le corselet, l'évide petit à petit. Si cela est véridique ce serait le même phénomène que M. le prof. A. Forel a observé dans la Colombie chez une espèce de fourmis dont il a parlé dans l'une des précédentes séances de la Société vaudoise des sciences naturelles.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 12 février 1903.

H. Decker et B. Solonina. Colorants dérivant du nitrosophénol. — H. Decker et H. Engler. Aminoquinolones et oxyquinolones. — F. Ullmann et F. Mauthner. Oxydation des orthodiamines. — C. Nourrisson. Electrodes en graphite artificiel.

M. H. Decker a préparé, en collaboration avec M. B. Solonina, le colorant thymolique de Liebermann d'après le procédé de l'auteur. Il l'a obtenu à l'état pur et cristallisé en le réduisant et en le soumettant ensuite à l'oxydation. L'analyse de ce corps, ainsi que sa transformation en dérivés acétylés et éthylés de constitution connue, ne laissent aucun doute sur sa structure, qui en fait un *indophénol* (thymoquinone-thymolimide).

Dans une seconde communication, M. Decker donne les résultats d'un travail qu'il a fait avec M. H. Engler sur les *aminoquinolones* et les *oxyquinolones*. La préparation de ces corps à partir des iodométhylates correspondants présente de grandes difficultés, mais on peut les obtenir aisément par une voie détournée, en passant par les dérivés nitrés et méthoxylés. Ce sont des substances incolores et très solubles dansl'eau. Les oxyquinolones donnent des sels alcalins jaunes. La *6-oxyméthylquinolone* cristallise avec une molécule d'eau et fond à 226-227° ; elle est certainement différente du produit que l'on obtient en faisant réagir la potasse sur l'iodométhylate de 6-oxyquinoline.



M. F. ULLMANN s'est occupé avec M. F. MAUTHNER de l'*oxydation des orthodiamines* en solution acide par les sels ferriques. Le produit varie suivant l'acidité du milieu ; si celle-ci est aussi faible que possible, l'*o*-phénylène-diamine, par exemple, donne la *diaminophénazine* déjà connue.

En présence d'une grande quantité d'acide il se forme l'*amino-oxyphénazine*

Cette dernière réagit avec les orthodiamines en donnant les homofluorindines correspondantes. Chauffée sous pression avec les acides, elle fournit la 2.3-dioxyphénazine déjà connue.

Les auteurs ont soumis à la même oxydation quelques dérivés de l'o-phénylène-diamine. Avec le dérivé chloré $C_6H_3Cl(^1)NH_2(^3)NH_2(^4)$ ils ont obtenu un mélange des deux phénazines

Avec l'acide $C_6H_3.COOH(^1)NH_2(^3)NH_2(^4)$ ils n'ont vu se former par contre que l'acide amino-oxyphénazine-carbonique. Celui-ci, condensé avec l'*o*-phénylène-diamine, fournit l'acide homofluorindine-carbonique, qui se dissout en rouge dans les alcalis et en bleu dans l'acide sulfurique concentré.

M. C. NOURRISSON présente un échantillon d'*électrode en graphite artificiel* de l'Acheson Company, Niagara Falls, et donne quelques détails sur la fabrication, la pureté et la résistance de ce produit.

Séance du 12 mars.

C. Graebe et E. Martz. Synthèses de l'aldéhyde syringique et de l'acide sinapique. — A. Pictet et A. Rotschy. Dédoublement de la nicotine inactive. — F. Ullmann et C. Baezner. Naphtacridines.

M. le prof. GRAEBE annonce qu'il a réalisé, en collaboration avec M. E. MARTZ, la synthèse de l'*aldéhyde syringique* (II) et de l'*acide sinapique* (III), en partant de l'éther diméthylique du pyrogallol (I) :

I		II		III
OH		OH		OH
CH_3O ⬡ OCH_3	→	CH_3O ⬡ OCH_3	→	CH_3O ⬡ OCH_3
		CHO		CH=CH-COOH

Le premier de ces corps a été transformé dans le second par le procédé général de Reimer, et celui-ci dans le troisième au moyen de la réaction de Perkin.

M. A. ROTSCHY décrit les essais qu'il a faits avec M. le prof. A. PICTET en vue du *dédoublement de la nicotine inactive*. Celle-ci a été préparée, comme il a été dit dans une précédente séance[1], en chauffant pendant 12 h. à 200-220° la solution aqueuse du sulfate de nicotine naturelle. Pour en retirer les deux modifications optiquement actives, on a cherché à la combiner à divers acides actifs (quinique, tétracétylquinique, camphorique, bromocamphre-sulfonique, tartrique, dibenzoyltartrique, etc.). Malheureusement la plupart des sels ainsi obtenus se sont trouvés être des substances sirupeuses et incristallisables, et par conséquent inutilisables dans le cas particulier. Seul le tartrate a permis d'arriver à un résultat positif, bien qu'encore incomplet.

Lorsqu'on dissout la nicotine inactive dans un excès

[1] Archives (4) X, 293.

d'acide tartrique, il se forme un mélange de tartrates de la formule $C_{10}H_{14}N_2.2C_4H_6O_6.2H_2O$. Par cristallisations répétées de ce produit dans l'alcool éthéré, les auteurs sont parvenus à isoler deux fractions, l'une moins soluble, possédant un pouvoir rotatoire de + 21,7°, l'autre plus soluble possédant celui de + 12,9°. Décomposé par un alcali, le premier sel a fourni une base lévogyre (– 36,8°) et le second une base dextrogyre (+ 10,25°).

M. C. Baezner, expose les résultats de recherches qu'il a faites à l'instigation de M. F. Ullmann sur la préparation de *dérivés de l'acridine* à partir de l'alcool *o*-aminobenzylique. En fondant cet alcool avec le β-naphtol, il a obtenu la naphtacridine :

$$C_6H_4(CH_2OH)(NH_2) + HO{-}C_{10}H_7 + O = C_{17}H_{11}N + 3H_2O$$

On peut remplacer dans cette réaction l'alcool aminobenzylique par le chlorure, le sulfocyanure ou le sulfure d'*o*-nitrobenzyle, ainsi que par l'alcool *o*-nitrobenzylique, en présence d'agents réducteurs.

On peut, d'autre part, remplacer le β-naphtol par la β-naphtylamine, la phényl-β-naphtylamine, ou d'autres dérivés de la naphtaline. La dioxynaphtaline 2.7 a donné une oxynaphtacridine qui se dissout en jaune orangé dans les alcalis et qui forme des sels stables avec les acides. De même l'acide naphtolsulfonique 2.7. a fourni un acide naphtacridine-sulfonique.

A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

AUGUSTO RIGHI E BERNARDO DESSAU. LA TELEGRAPHIA SENZA FILO, Bologna ditta Nicola Zanichelli, 1903.

Ce volume qui vient de paraître en deux éditions[1], l'une italienne et l'autre allemande, contient l'historique complet de la télégraphie par ondes hertziennes avec les notions scientifiques nécessaires et suffisantes pour que le lecteur possédant une culture générale puisse s'en faire une idée claire et correcte. La tâche n'était pas facile, mais personne n'était mieux indiqué que le prof. Righi pour l'accomplir, ses nombreuses expériences sur les ondes hertziennes, réunies dans le volume *L'ottica delle oscillazioni elettriche* qu'il fit paraître en 1897 et dont les *Archives* avaient publié alors un résumé fait par l'auteur même[2], ont non seulement aidé à établir leur nature et la corrélation très étroite avec la lumière, mais fourni certainement au jeune Marconi les notions qu'il fallait pour qu'il pût entrevoir la possibilité de la télégraphie sans fil, car l'on sait que Marconi était alors élève du prof. Righi.

Le volume comprend quatre parties. De la première partie intitulée « Les phénomènes électriques » les quatre chapitres sont : Le champ électrique ; Les courants électriques constants ; Le champ magnétique ; L'état variable du courant.— La deuxième partie « Les ondes électromagnétiques » contient trois chapitres : Les oscillations électriques ; Les ondes électriques ; Les radioconducteurs. — La troisième partie « La télégraphie sans fil » en quatre cha-

[1] Editions de Nicola Zanichelli à Bologne et de Wieweg & Sohn à Brunswick.

[2] *Archives*, novembre 1897, t. IV, pp. 401 à 430.

pitres : Télégraphie par conduction, par influence électrostatique et par induction ; La télégraphie avec les ondes électriques ; Les appareils de la télégraphie sans fil entre deux stations ; La télégraphie sans fil multiple et syntonique. — Enfin la quatrième partie « Télégraphie sans fil par les radiations lumineuses et ultraviolettes » en deux chapitres : Télégraphie sans fil par les radiations ultraviolettes ; Reproduction à distance de sons au moyen de la lumière. Le volume est complété par un appendice sur les récentes expériences à très grande distance.

A cause de la collaboration du Dr B. Dessau assistant du Prof. Righi, tous les chapitres portent la signature de l'auteur, ainsi celui sur les radioconducteurs et les quatre de la troisième partie sont signés par M. Dessau de même que l'appendice, tous les autres le sont par Righi. La bibliographie du volume est très riche, ce qui est pour rendre bien des services à ceux qui désirent connaître les mémoires originaux.

Th. T.

CHIMIE

DER STICKSTOFF UND SEINE WICHTIGSTEN VERBINDUNGEN, par Léopold SPIEGEL, Brunswick, 1903.

L'azote est sans contredit celui de tous les éléments dont les combinaisons possèdent la plus grande diversité de caractères et présentent l'intérêt le plus général. En effet, à quelque spécialité que le chimiste appartienne, qu'il soit théoricien ou technicien, qu'il étudie les corps organiques ou les corps minéraux, ou qu'il se livre à des recherches de chimie biologique, partout il verra les composés azotés jouer un rôle prépondérant et tenir le premier rang parmi les substances dont il aura à s'occuper. Mais précisément à cause de cette multiplicité d'aspects et de fonctions, les combinaisons de l'azote, à l'inverse par exemple de celles du carbone, n'ont jamais constitué jusqu'ici dans les divers systèmes de classification des corps, un groupe naturel et homogène. Celui qui veut en faire une étude complète ou

en prendre une vue d'ensemble, devra aller puiser ses renseignements dans presque tous les chapitres d'un traité de de chimie générale, souvent même dans des ouvrages spéciaux.

Ce sont ces données éparses que M. le Dr Spiegel, privat-docent à l'Université de Berlin, s'est donné pour tâche de rassembler, et qu'il vient de publier en un fort volume de plus de 900 pages, constituant une monographie des plus intéressantes.

Le point de vue nouveau auquel il s'est placé met en pleine lumière les relations qui existent entre les types si variés des composés de l'azote, ainsi que le rôle fonctionnel que cet élément joue dans les molécules dont il fait partie. Certains chapitres, et particulièrement ceux qui traitent des combinaisons inorganiques, constitueront une source précieuse de documents; on y trouvera, exposés avec beaucoup de clarté et accompagnés de très nombreuses notes bibliographiques, les renseignements les plus complets sur tous les corps préparés jusqu'à ce jour. On ne peut en dire autant des chapitres consacrés aux combinaisons organiques. Ceux-ci sont volontairement écourtés et remplacés le plus souvent par des tableaux. Doit-on faire un reproche à l'auteur de n'avoir pas été plus complet dans cette partie de son œuvre? S'il avait voulu l'être, il aurait dû reproduire presque en entier un traité de chimie organique; les dimensions de son livre en eussent été considérablement augmentées, sans profit bien évident pour le lecteur. Il a préféré laisser quelque peu dans l'ombre ce côté de son sujet et nous croyons qu'il a été en cela sagement inspiré.

Malgré cette inégalité voulue, l'ouvrage de M. Spiegel rendra de grands services à tous ceux qui auront à étudier d'un peu plus près la classe importante des composés azotés et formera un complément utile aux nombreux traités de chimie générale. A. P.

Sur la signification physiologique de la nicotine dans les plantes de tabac, par M. G. Albo. Jardin botanique de Palerme (*Botanisches Litteraturblatt*, 1903, n° 6).

Dans un article sur *la signification physiologique de la colchicine dans les différentes espèces de Colchicum*, publié ici même il y a deux ans, M. le D[r] Albo était arrivé à cette conclusion, que la colchicine n'est pas une matière de rebut ou un déchet de l'activité protoplasmique, mais une substance azotée qui, comme les autres substances nutritives de réserve, concourt aux phénomènes de nutrition et de formation de la plante.

Poursuivant ses expériences sur un autre végétal, le tabac, et sur un autre alcaloïde, la nicotine, il en conclut de même aujourd'hui, que cette dernière substance prend part, directement ou indirectement, aux phénomènes nutritifs de la plante de tabac.

M. Albo a constaté que les graines du tabac ne contiennent pas de nicotine, mais qu'on y trouve à sa place une substance soluble dans l'alcool, qui donne avec l'acide sulfurique, le vanadate d'ammoniaque et le séléniate de soude des réactions semblables à celles de la solanine. Ce fait devient fort intéressant lorsqu'on le rapproche d'une ancienne observation de Kletzinsky, qui dit avoir obtenu de la nicotine en réduisant la solanine au moyen de l'amalgame de sodium.

Quoi qu'il en soit, cette substance disparait pendant la germination, est employée à la nutrition des bourgeons et ne se trouve plus dans les plantes développées.

D'autre part, la quantité totale de nicotine varie avec les conditions dans lesquelles la plante est élevée. Si, en particulier, on coupe les sommets d'une plante pour en empêcher la floraison, on trouve que la quantité de nicotine devient presque triple de ce qu'elle serait sans cela. M. Albo attribue ce fait à une migration de la nicotine dans les graines, où elle se transformerait en une autre substance, plus élaborée et plus efficace comme substance de réserve ; celle-ci serait la solanine ou du moins un alcaloïde très voisin. A. P.

Revue des travaux faits en Suisse.

O. KULKA. LES ÉTHERS TRIALCOYLIQUES DE L'OXYHYDROQUINONE (*Chemiker-Zeitung*, **27**, 407. Berne).

On obtient directement le sel de soude de l'oxyhydroquinone en chauffant le triacétate avec du sodium dissous dans l'alcool méthylique. Ce sel, traité par l'iodure ou le sulfate de méthyle, fournit l'éther triméthylique de l'oxyhydroquinone, qui bout à 247° sous la pression ordinaire. Le bromure d'éthyle donne de la même manière l'éther triéthylique (point de fusion 34°).

EUG. BAMBERGER ET RICH. SELIGMANN. OXYDATION DE L'ALDÉHYDE-AMMONIAQUE (*Berichte*, **36**, 817. Zürich).

Comme suite à leurs recherches sur l'oxydation des amines, les auteurs ont étudié l'action du réactif de Caro sur l'ammoniaque. Supposant qu'il pourrait se former de cette manière le nitroxyle, NOH, ils ont ajouté dès l'abord au mélange oxydant de l'aldéhyde acétique, pour fixer le nitroxyle à l'état d'acide acéthydroxamique. Ils ont, en effet, obtenu une certaine quantité de cet acide. Ce fait ne constitue cependant pas une preuve décisive de la formation du nitroxyle, car l'acide acéthydroxamique pourrait tout aussi bien être un produit d'oxydation de l'aldéhyde-ammoniaque qui prendrait naissance à partir de ses deux constituants :

$$CH_3 . CH : NH + 2O = CH_3 . COH : NOH$$

Cette interprétation est confirmée par l'observation que l'aldéhyde-ammoniaque, traitée directement par l'acide de Caro, fournit de l'acide acéthydroxamique.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1903

Le 1er, gelée blanche le matin.
2, rosée le matin; pluie depuis 7 h. du soir.
3, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin; nouvelle neige sur le Salève; forte bise à 7 h. du soir.
4, forte rosée le matin; pluie depuis 9 h. du soir.
5, pluie à 7 h. du matin.
6, gelée blanche le matin; forte bise à 1 h. et à 4 h. du soir; halo solaire.
7, gelée blanche le matin; fort vent à 1 h. du soir; halo solaire; couronne lunaire.
8, fort vent dans la nuit; forte bise à 10 h. du matin et à 1 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; légères chutes de neige dans l'après-midi; pluie à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
9, pluie dans la nuit; légères averses dans l'après-midi; forte bise depuis 4 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève.
10, très forte bise pendant tout le jour.
11, très forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir.
14, forte bise à 10 h. du matin.
15, gelée blanche le matin.
16, pluie de 10 h. 30 m. à 7 h. du soir; neige dans l'après-midi; forte bise de 4 h. à 7 h, du soir.
17, très forte bise pendant tout le jour; quelques flocons de neige.
18, forte bise à 10 h. du matin.
19, chute de neige dans la nuit.
20, très forte gelée blanche le matin.
21, forte gelée blanche le matin; halo solaire.
22, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
23, pluie dans la nuit jusqu'à 10 h, du matin et depuis 4 h. du soir; fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.
24, pluie dans la nuit; quelques gouttes de pluie et grésil à midi 30 m.
25, fort vent à 1 h. du soir.
26, gelée blanche le matin.
27, pluie à 10 h. du matin et à 1 h du. soir; fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
28, faible pluie dans la nuit; fort vent à 10 h. du matin.
29, pluie dans la nuit jusqu'à 1 h. du soir.
30, pluie dans la nuit, à 6 h. et depuis 10 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.



GENÈVE — AVRIL 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	30.9	28.8	25.6	28.74	+ 4.21	24.8	30.9	S 0	N. 1	N. 1	N. 1	4.4	0	10	7	6	4.3	....	...
2	21.9	20.3	21.3	21.63	- 2.89	20.0	24.4	SW. 1	NNE. 1	SSW. 1	var.	5.0	10	9	10	10	0.6	5.0	7
3	23.4	25.0	27.9	25.01	+ 0.50	22.0	29.5	SE. 1	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	8.3	10	10	10	10	....	....	....
4	30.8	30.4	30.1	30.09	+ 5.59	29.8	31.0	SW. 0	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	6.9	2	7	10	8	5.8	0.3	....
5	26.5	28.0	30.7	28.16	+ 3.67	26.4	30.8	SSW. 1	NNW. 1	N. 1	var.	11.6	10	8	2	9	0.9	0.4	....
6	30.7	29.4	29.4	29.87	+ 5.38	28.7	30.8	E. 0	N. 2	NE. 0	NNE. 1	8.3	0	4	0	1	9.1	....	....
7	28.7	25.9	23.9	26.52	+ 2.04	23.0	29.5	S. 0	WSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	7.9	2	1	2	4	9.0	1.9	2
8	20.6	22.8	24.3	22.51	- 1.97	20.0	24.4	SSE. 1	NNE 2	SSW. 1	var.	13.6	8	7	10	9	1.6	3.0	4
9	23.7	23.7	26.5	24.21	- 0.27	23.6	26.1	SW. 0	SE. 1	NNE. 2	var.	13.0	8	5	4	7	2.2	0.3	...
10	27.1	27.7	29.6	27.76	+ 3.27	26.1	29.7	NNE. 4	NNE. 4	NNE. 2	NNE. 3	**35.5**	1	5	2	3	7.2	....	....
11	28.2	27.3	27.4	27.67	+ 3.18	26.4	29.2	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 3	31.2	3	1	0	1	8.7	....	....
12	26.1	25.1	24.6	25.43	+ 0.83	24.2	26.9	S. 0	N. 0	NNE. 1	NNE. 1	3.7	9	9	10	10	1.0	....	....
13	23.6	22.9	23.5	23.28	- 0.23	22.3	24.2	S. 0	SE. 0	SW. 0	var.	3.7	9	6	10	6	6.6	....	....
14	24.8	26.2	29.3	26.09	+ 1.47	23.7	29.8	SW. 1	NNE. 1	E. 0	NNE. 1	10.4	7	5	0	4	6.1	....	....
15	29.2	27.4	25.8	27.81	+ 3.28	25.5	29.5	SW. 1	SW. 1	S. 1	SSW. 1	7.3	0	0	9	4	8.3	....	....
16	24.6	23.2	25.0	24.32	- 0.23	23.1	25.6	SSW. 1	SSW. 1	NNE. 1	var.	15.7	9	10	10	10	....	3.5	4
17	25.1	25.9	28.8	26.28	+ 1.72	25.1	29.4	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 3	25.1	7	9	10	8	2.3	....	....
18	29.8	30.0	31.0	30.16	+ 5.58	29.6	31.0	NNE. 1	NNE. 1	SW. 0	NNE. 1	11.5	4	10	1	7	5.5	0.2	....
19	31.0	30.3	29.4	**30.26**	**+ 5.66**	28.9	**31.8**	NE. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	5.2	3	2	0	2	8.7	....	....
20	26.9	24.0	21.4	24.66	+ 0.04	21.1	29.0	S. 0	N. 1	N. 1	N 1	5.2	0	0	0	0	**10.0**	....	....
21	19.1	16.1	13.8	16.93	- 7.71	13.3	21.2	S. 0	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	8.3	5	9	6	8.	7.7	3.0	2
22	11.5	9.8	8.2	10.09	-14.58	7.5	13.0	NE. 1	N. 1	N. 0	var.	6.2	10	10	10	10	3.1	9.0	4
23	7.4	10.7	13.4	**9.74**	**-14.95**	**6.0**	13.5	SSW. 2	SSW. 2	ENE. 1	SSW. 2	11.5	10	10	10	10	....	5.9	6
24	15.2	16.1	19.0	16.16	- 8.56	13.9	19.5	SSW. 1	NNW. 1	S. 0	var.	13.0	8	9	1	7	5.8	....	
25	20.6	21.3	22.6	20.98	- 3.77	19.6	22.6	SSW. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	11.5	9	7	7	8	3.0	....	....
26	21.1	19.1	18.0	19.72	- 5.06	18.0	21.7	SW. 1	N. 1	S. 0	var.	5.6	9	10	8	8	1.9	....	....
27	17.0	18.8	20.0	18.32	- 6.49	16.8	20.5	N. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	10.5	10	10	1	9	....	0.6	1
28	22.8	22.0	20.6	21.56	- 2.28	20.3	23.4	SSW. 1	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	13.0	10	3	6	7	5.5	0.3	....
29	19.2	20.4	21.9	20.55	- 4.33	19.2	22.5	N. 0	SSW. 1	E. 0	var.	5.0	10	10	0	8	....	**20.0**	4
30	21.6	19.8	17.9	20.09	- 4.82	17.7	22.5	N. 0	N. 1	N. 0	var.	5.2	10	10	10	10	1.2	13.4	**10**
Mois	23.63	23.20	23.70	23.10	- 1.28							10.78	6.4	6.9	5.5	6.8	126.1	66.8	41

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 2.0	+ 9.0	+ 6.4	+ 6.12	- 0.71	- 0.1	+10.0	83	37	75	61	-11	37	83	7.0	- 0.3	1070
2	4.8	8.6	9.2	6.96	- 0.01	+ 3.6	10.9	78	68	56	69	- 3	49	85	6.8	- 0.5	1070
3	3.4	7.2	7.3	5.61	- 1.49	3.0	8.1	90	63	69	76	+ 5	62	90	6.8	- 0.6	1070
4	4.6	11.9	9.3	8.43	+ 1.19	4.4	14.0	84	46	67	66	- 5	46	84	6.6	- 0.9	1065
5	7.1	9.4	7.2	8.01	+ 0.63	4.2	10.8	84	43	54	62	- 9	43	84	....	....	1045
6	2.8	9.8	6.8	6.71	- 0.80	1.2	11.2	81	40	75	62	- 9	40	81	7.5	- 0.2	1050
7	1.9	16.1	12.0	9.00	+ **1.85**	0.2	18.4	85	41	45	59	-12	36	85	7.6	- 0.2	1035
8	7.2	6.3	3.0	6.46	- 1.33	2.9	8.5	58	50	96	72	+ 1	50	97	7.0	- 0.8	1035
9	4.0	4.6	2.9	4.20	- 3.73	1.8	8.7	74	87	85	74	+ 3	49	89	6.8	- 1.1	1032
10	4.0	6.8	4.2	4.82	- 3.25	2.0	8.0	66	47	74	61	- 9	47	80	....	....	1080
11	5.0	10.2	7.2	7.35	- 0.86	4.0	11.8	70	49	69	60	-10	47	70	6.6	- 1.5	1065
12	2.6	10.0	8.6	6.68	- 1.67	0.8	13.4	83	73	64	73	+ 3	54	90	....	....	1045
13	5.4	12.5	5.8	7.93	- 0.56	3.0	13.8	75	33	50	54	-16	33	85	7.0	- 1.3	1032
14	4.0	7.6	3.2	5.24	- 3.39	+ 2.0	8.8	63	38	52	49	-21	37	70	7.4	- 1.0	1017
15	0.2	12.3	8.2	6.69	- 2.08	- 2.0	14.8	74	29	41	**44**	**-26**	29	74	7.6	- 0.9	1022
16	6.8	8.0	0.4	5.60	- 3.31	0.0	9.5	49	68	92	66	- 4	40	**98**	7.5	- 1.1	1000
17	1.1	3.4	2.0	2.05	- 7.00	- 0.1	5.8	80	52	55	64	- 6	36	90	7.1	- 1.6	1035
18	1.0	3.4	1.2	1.81	- 7.38	+ 0.2	5.3	72	52	59	62	- 8	43	84	6.3	- 2.5	1020
19	+ 0.7	4.0	1.0	**1.60**	- **7.74**	- 1.7	6.5	85	45	60	61	- 9	34	85	....	....	1005
20	- 1.6	7.6	4.6	3.04	- 6.44	- **4.5**	10.0	91	25	54	59	-11	**25**	91	7.0	- 2.0	1003
21	+ 3.3	15.5	10.0	8.36	- 1.26	- 1.1	**17.6**	50	33	62	49	-21	33	65	7.2	- 1.8	1000
22	6.8	11.1	10.1	9.65	- 0.11	+ 6.0	15.2	88	60	76	77	+ 7	56	90	8.0	- 1.2	990
23	4.0	5.7	4.8	5.25	- 4.66	3.0	6.5	83	76	90	84	+14	76	93	7.9	- 1.4	990
24	5.0	9.1	5.6	6.76	- 3.29	3.8	12.7	75	52	70	65	- 5	45	85	7.5	- 1.9	1000
25	5.2	9.5	5.7	6.11	- 4.09	+ 3.8	10.2	70	46	62	63	- 7	46	74	7.7	- 1.8	990
26	2.0	9.4	9.1	6.51	- 3.83	- 0.5	13.3	83	46	52	62	- 7	35	90	....	....	1025
27	7.5	9.7	6.4	8.24	- 2.24	+ 5.9	11.3	70	65	80	71	+ 2	58	84	7.7	- 2.0	980
28	9.0	14.8	10.7	**11.18**	+ 0.44	6.0	17.1	70	49	65	63	- 6	41	80	7.5	- 2.3	989
29	8.4	8.2	6.3	7.89	- 2.88	5.1	10.0	86	92	85	**86**	**+17**	77	92	7.3	- 2.6	980
30	5.5	10.4	11.0	8.80	- 2.12	4.0	13.2	94	69	80	80	+11	58	95	7.6	- 2.4	957
Mois	+ 4.12	+ 9.07	+ 6.34	+ 6.44	- 2.53	+ 2.03	+11.18	76	52	67	65	- 5			7.24	- 1.54	1023

MOYENNES DE GENÈVE. — AVRIL 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.68	26.30	26.43	26.53	26.22	25.92	26.54	27.01	26.45
2e »	27.26	26.91	26.92	26.97	26.25	25.74	26.10	26.62	26.60
3e »	17.67	17.34	17.54	17.73	17.41	16.96	17.06	17.60	17.41
Mois	23.87	23.52	23.63	23.74	23.29	22.87	23.23	23.74	23.49

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 5.49	+ 4.52	+ 4.18	+ 6.92	+ 8.97	+ 9.59	+ 7.24	+ 6.16	+ 6.63
2e »	+ 3.03	+ 1.77	+ 2.52	+ 5.52	+ 7.90	+ 8.16	+ 5.61	+ 3.87	+ 4.8[illegible]
3e »	+ 5.78	+ 5.01	+ 5.67	+ 8.54	+10.34	+11.01	+ 9.32	+ 7.33	+ 7.88
Mois	+ 4.77	+ 3.77	+ 4.12	+ 6.99	+ 9.07	+ 9.59	+ 7.39	+ 5.79	+ 6.44

Fraction de saturation en %.

1re décade	73	77	78	63	52	50	66	71	66
2e »	68	73	74	53	46	41	55	62	59
3e »	77	82	77	67	59	56	65	77	70
Mois	73	77	76	61	52	49	62	70	65

Dans ce mois l'air a été calme 211 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{122}{61} = 2.00$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3°.05 W.

Son intensité est égale à 33.4 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	723.54
Nébulosité..................	6.3
Température $\frac{7 + 1 + 9}{3}$..	+ 6°.51
Température $\frac{7 + 1 + 2\times 9}{4}$..	+ 6°.47
Fraction de saturation........	65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér.. (1836-1875)	724mm.77
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	5.[illegible]
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	56mm.[illegible]
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne... (id.).	+ 8°.[illegible]
Fraction de saturat. (1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	69.4	67.7	66.3	68.4	69.5	59.0	65.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	68.5	66.8	64 5	66.6	68.5	74.6

Durée totale de l'insolation à Jussy : 127 h.1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1903

Le 1er et le 2, forte bise.
3, forte bise; neige le matin.
4, forte bise le matin.
5 et 6, forte bise; neige.
7, forte bise le soir.
8, 9, 10 et 11, violente bise; neige.
12 et 13, forte bise.
15, grande sécheresse de l'air : 2 % à 9 h, du matin.
16, 17, 18, 19 et 20, violente bise; neige le 16 et le 19.
21, 22 et 23, très fort vent; neige le 22 et le 23.
24 et 25, neige et pluie.
26 et 27, très forte bise.
29 et 30, très fort vent et neige.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63.0	62.3	60.8	62.0	− 1.6	59.0	63.8	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	2	1	....	....
2	57.7	57.1	57.4	57.4	− 3.0	56.5	59.1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	7	10	10	9	16.3	12
3	57.3	59.4	64.4	60.4	− 0.1	57.0	65.0	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	8	10	9	....	....
4	64.1	65.2	63.8	**64.4**	+ **3.9**	62.0	**65.5**	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	2	4	2	0.7	....
5	61.1	60 3	62.8	61.4	+ 0.8	60.0	63.0	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	5.5	4
6	62.9	63.3	63.9	63.4	+ 2.8	62.5	64.0	NE. 1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	3	2	0	2	....	....
7	64.3	64.4	61.6	63.4	+ 2.7	58.1	64.5	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	1	0	0	...	....
8	54.5	54.2	55.8	54.8	− 6.0	54.0	56.5	NE. 3	NE. 5	NE. 4	NE. 4	10	10	10	10	5.5	3
9	55.2	55 9	57.2	56.1	− 4.8	55.0	57.8	NE. 4	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	5	7	7	....	....
10	58.5	60.2	62.0	60.2	− 0.7	57.1	62.9	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	7	10	9	4.7	3
11	61.5	62.1	62.0	61.9	+ 0.9	61.0	62.4	NE 2	NE. 1	NE. 3	NE. 2	1	10	10	7	....	....
12	61.0	60.6	60.5	60.7	− 0.4	59.0	62.0	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	1	4	10	5	....	....
13	58.3	58.2	57.3	57.9	− 3.2	57.0	59.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	1	5	10	5	....	....
14	57.0	58.6	61.0	58.9	− 2.3	56.0	61.8	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	4	10	8	....	....
15	60.9	62.6	61.4	61.6	+ 0.3	60.1	63.0	NE. 2	NE. 1	NE 2	NE. 2	0	0	2	1	....	....
16	58.9	58.0	55.8	57.6	− 3.8	55.1	59.3	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	6	8	10	8	4.2	3
17	54.1	54.0	56.1	54.7	− 6.8	53.8	56.5	NE. 4	NE. 3	NE. 4	NE. 4	10	9	10	10	....	...
18	56.3	58.1	59.2	57.9	− 3.6	56.0	59.7	NE. 4	NE. 4	NE. 3	NE. 4	10	8	10	9	9.5	10
19	58.4	59.3	59.5	59.1	− 2.5	57.7	60.1	NE 5	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	3	0	4	....	....
20	58.6	58.8	58.5	58.6	− 3.1	58.0	59.0	NE. 2	NE. 2	SW. 1	NE. 2	0	0	1	0	....	....
21	57.3	56.9	55.2	56.5	− 5.3	55.0	57.9	SW. 3	SW. 3	SW. 4	SW. 3	1	7	10	6	12.6	9
22	52.8	52.7	51.6	52.4	− 9.5	49.3	55.4	SW. 4	SW. 4	SW. 3	SW. 4	10	10	10	10	....	....
23	47.3	48.0	50.5	**48.6**	− **12.4**	**46.4**	50.7	SW. 3	SW. 3	NE. 1	SW. 3	10	10	8	9	6.5	3
24	51.4	52.2	54.2	52.6	− 9.5	51.0	55.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	4	6	10	7	1.5	1
25	55.3	56.3	57.0	56.2	− 6.0	54.9	57.5	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	1	5	6	4	....	....
26	56.1	56.3	56.3	56.2	− 6.1	55.9	56.8	NE. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	5	8	3	5	....	....
27	55.3	56.6	58.0	56.6	− 5.7	55.0	58.3	NE. 2	NE. 1	SW. 1	NE. 1	7	6	8	7	....	...
28	59.2	60.5	60.9	60.2	− 2.2	58.9	61.2	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	4	2	2	3	....	....
29	59 1	58.2	59.9	59.1	− 3.4	58.0	60.0	SW. 3	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	**22.0**	**15**
30	59.8	59.9	58.9	59.5	− 3.1	58 5	60.2	SW. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 2	1	10	10	7	.. .	....
Mois	57.91	58.31	58.78	58.34	− 3.20							5.4	6.0	7.1	6.2	80.0	63

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-12.1	-11.3	- 7.2	-10.2	- 4.7	-12.8	- 6.0	92	93	55	80	50	95
2	- 6.3	- 1.0	- 5.6	- 4.3	+ 1.1	- 7.6	+ 0.6	86	75	100	87	48	100
3	- 8.2	- 4.5	- 7.1	- 6.6	- 1.4	- 8.7	- 2.8	100	74	100	91	50	100
4	- 7.7	- 2.1	- 4.4	- 4.7	+ 0.4	- 9.9	- 0.3	57	28	68	51	26	92
5	- 5.2	- 4.3	-10.1	- 6.5	- 1.5	-10.7	- 4.1	100	100	99	100	95	100
6	-11.2	- 5.6	- 5.5	- 7.4	- 2.5	-12.0	- 4.0	97	82	42	74	40	98
7	- 1.6	+ 2.0	- 2.0	- **0.5**	+ **4.2**	- 6.2	+ **4.2**	54	39	52	48	35	62
8	- 6.5	- 9.1	-10.6	- 8.7	- 4.1	-12.2	- 1.6	100	99	98	99	60	100
9	-11.4	- 8.7	-12.5	-10.9	- 6.4	-13.5	- 8.5	98	95	95	96	90	100
10	-12.8	- 8.1	- 9.8	-10.2	- 5.8	-14.0	- 6.0	96	94	98	96	90	100
11	- 8.9	- 2.6	- 6.1	- 5.9	- 1.7	-11.4	- 2.0	99	87	100	95	75	100
12	- 8.0	- 2.6	- 6.1	- 5.6	- 1.5	-10.0	- 2.0	42	58	100	67	40	100
13	- 8.6	- 2.4	- 7.8	- 6.3	- 2.3	-10.0	- 1.8	92	63	100	85	38	100
14	-11.0	- 6.0	-10.8	- 9.3	- 5.5	-12.1	- 5.1	97	86	100	94	70	100
15	- 8.9	- 1.9	- 6.0	- 5.6	- 1.9	-14.0	+ 1.4	3	18	32	**18**	**2**	85
16	- 8.5	- 4.4	-11.0	- 8.0	- 4.4	-11.5	- 1.6	87	79	98	88	42	100
17	-14.7	-12.9	-15.9	-14.5	-11.1	-17.0	-12.7	85	78	80	81	79	90
18	-16.4	-14.4	-15.9	**-15.6**	**-12.3**	-18.0	-14.0	80	85	80	82	75	85
19	-16.6	-13.3	-16.2	-15.4	-12.2	-17.7	-13.0	70	68	88	75	48	90
20	-14.4	- 3.1	- 7.4	- 8.3	- 5.3	**-18.2**	- 2.8	22	19	34	25	15	80
21	- 9.4	- 5.7	- 7.0	- 7.4	- 4.5	-11.0	- 5.5	68	82	100	83	20	100
22	- 7.3	- 6.1	- 6.0	- 6.5	- 3.8	- 8.0	- 5.8	100	100	100	100	99	100
23	- 5.6	- 4.3	- 7.4	- 5.8	- 3.2	- 7.5	- 4.0	100	100	92	97	85	100
24	- 8.6	- 1.2	- 8.2	- 6.0	- 3.6	-10.2	- 0.9	97	67	98	87	60	99
25	-10.2	- 3.4	- 8.0	- 7.2	- 4.9	-13.0	- 0.8	76	47	77	67	40	90
26	- 8.6	- 5.2	- 7.4	- 7.1	- 5.0	-10.6	- 5.1	76	70	90	79	68	95
27	- 6.8	- 4.0	- 5.3	- 5.4	- 3.4	- 9.0	- 2.8	100	78	100	93	70	100
28	- 4.3	+ 0.3	- 2.0	- 2.0	- 0.1	- 7.9	+ 1.7	66	55	75	65	60	80
29	- 2.5	- 2.2	- 4.6	- 3.1	- 1.4	- 4.7	- 2.0	100	100	100	100	85	100
30	- 4.6	- 1.8	- 3.2	- 3.2	- 1.6	- 7.0	- 1.7	67	76	100	81	65	100
Mois	- 8.90	- 5.00	- 7.90	- 7.27	- 4.00	-11.21	- 3.63	80	73	85	79		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	59.86	60.23	60.97	60.35	88	78	81	82
2e »	58.50	59.03	59.13	58.89	68	64	81	71
3e »	55.36	55.76	56.25	55.79	85	77	93	85
Mois	57.91	58.34	58.78	58.34	80	73	85	79

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 8.30	— 5.27	— 7.48	— 7.02	— 7.13
2e »	— 11.60	— 6.36	— 10.32	— 9.43	— 9.65
3e »	— 6.79	— 3.36	— 5.91	— 5.35	— 5.49
Mois	— 8.90	— 5.00	— 7.90	— 7.27	— 7.42

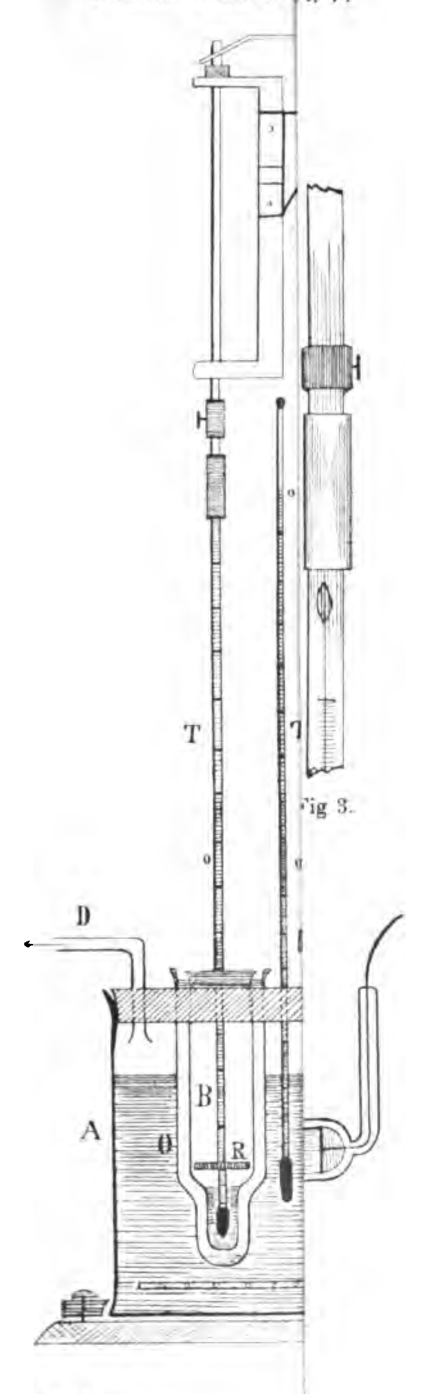
Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{186}{55} = 3.38$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 145.1 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	44.2	20.3	32.1	89.0
Neige en centimètres....	4cm	4cm	25cm	63cm



Echelle au 1/2.

LES

ANHYDRIDES ORGANO-MINÉRAUX

PAR

Amé PICTET

Il existe dans la littérature chimique quelques observations isolées qui tendent à montrer que les acides minéraux ou leurs anhydrides peuvent réagir dans certaines conditions sur les acides ou les anhydrides organiques, en formant des combinaisons doubles peu stables.

Schutzenberger[1] a le premier obtenu un corps de ce genre en faisant agir à basse température l'anhydride hypochloreux sur l'anhydride acétique. Il est vrai que Aronheim[2], ayant plus tard répété ses expériences, ne reconnaît pas au produit les caractères d'un composé défini, et qu'il n'y voit qu'un simple mélange des deux anhydrides primitifs.

Vers la même époque, Schutzenberger[3] et l'un de ses élèves, M. Laurence[4], ont constaté que l'anhydride acétique attaque aussi l'anhydride borique, l'anhydride

[1] *Comptes rendus* **52**, 135 (1861).
[2] *Berichte* **12**, 26 (1879).
[3] *Comptes rendus* **53**, 538 (1861).
[4] *Ibidem* **74**, 1524 (1872).

arsénieux et l'acide métastannique, mais ils ne semblent pas être parvenus à retirer les produits de ces réactions à l'état de pureté.

On peut en dire autant d'une substance que M. Franchimont[1] a obtenue en traitant à basse température l'anhydride acétique par l'acide sulfurique concentré. Il se forme un liquide très épais, dans lequel M. Franchimont soupçonne l'existence d'un acide acétylsulfurique, mais sans avoir isolé ni analysé ce nouveau dérivé.

Plus précises sont les recherches récentes de MM. Hoogewerff et van Dorp[2] concernant l'action de l'acide sulfurique sur divers composés organiques oxygénés, et en particulier sur quelques acides (succinique, fumarique, benzoïque, cinnamique, phtalique, etc.). Ces savants ont remarqué dans tous ces cas la formation de produits d'addition cristallisés et assez bien définis, quoique très instables, dans lesquels 1, 1 $^1/_2$ ou 2 molécules d'acide sulfurique sont unies à une molécule de l'acide organique.

J'ajouterai enfin que Wedensky[3] a décrit un acide acétylphosphoreux, qu'il a préparé par l'action de l'anhydride acétique sur l'acide phosphoreux. Mais ce composé ne rentre point dans la catégorie de substances qui nous occupent ; il a une constitution toute différente, le radical acétyle y étant lié directement à l'atome de phosphore[4].

[1] *Comptes rendus* **92**, 1054 (1881).
[2] *Recueil des Pays-Bas* **18**, 211 (1899) et **21**, 349 (1902).
[3] *Journal de la Soc. russe de chimie*, **20**. 29 (1888).
[4] Je ne parle ici que des corps obtenus par combinaison *directe* des acides ou des anhydrides entre eux. Quelques autres composés

On voit que les données que l'on possède actuellement sur ces combinaisons des acides organiques avec les acides minéraux sont fort incomplètes; exception faite de celles que l'on peut tirer du travail de MM. Hoogewerff et von Dorp, elles constituent plutôt des indications relatives à une réaction intéressante, qu'une étude approfondie de composés nouveaux.

Ce sujet demandait à être repris et traité d'une manière plus générale. J'ai été amené à m'en occuper par une observation que M. le Dr Paul Genequand et moi avons faite au cours d'un travail sur certains produits de substitution de la pyridine. Dans l'espoir d'obtenir un dérivé nitré de cette base, nous avions eu l'idée de traiter son nitrate par divers agents déshydratants, et en particulier par l'anhydride acétique. Ce dernier donna lieu à une très violente réaction, mais celle-ci une fois calmée, nous fûmes fort surpris de retrouver la totalité de la pyridine absolument intacte. Il fallait donc que la réaction se fût passée entre l'anhydride acétique et l'acide nitrique du sel. Cela nous engagea à examiner de plus près l'action réciproque de ces deux corps. Nous trouvâmes tout d'abord que lorsqu'on mélange l'acide nitrique concentré ordinaire de densité 1,4 avec un volume égal d'anhydride acétique, il se produit un dégagement de chaleur tel que le liquide est porté à l'ébullition. Si l'on soumet ensuite celui-ci à la distillation, on observe qu'il passe presque tout entier à la température fixe de 127°, différente du

de même nature chimique ont été préparés par double décomposition entre les chlorures et les sels de ces acides, ou entre les chlorures et les acides eux-mêmes. Je reviendrai plus loin sur ce point.

point d'ébullition de chacun des deux liquides primitifs. Nous vîmes ensuite que l'on arrive au même résultat en mélangeant l'acide acétique glacial avec l'acide nitrique fumant de densité 1,52, dans la proportion de deux molécules du premier pour une du second. Dans ce cas, l'élévation de la température est plus faible, mais le produit est identique, et la distillation fractionnée permet d'isoler le même liquide, bouillant à 127°. Celui-ci, ainsi qu'il sera démontré plus bas, est un composé défini de la formule $C_4H_9NO_7$. Il prend naissance par l'addition de deux molécules d'acide acétique à une molécule d'acide nitrique. Nous l'avons appelé *acide acétonitrique*, et nous le considérons comme un anhydride mixte de l'acide acétique et de l'acide orthonitrique.

Il est curieux que l'existence de ce composé n'ait pas été reconnue plus tôt, car il se forme, entre autres, toutes les fois que l'on fait agir l'acide nitrique sur un autre corps dissous dans l'acide acétique, opération qui constitue, comme on le sait, un procédé courant de nitration des substances aromatiques. Mais on a toujours considéré l'acide acétique comme jouant dans ce cas le rôle d'un simple dissolvant, sans soupçonner qu'il pût lui-même entrer en réaction.

La formation si nette de cet anhydride mixte m'a engagé à étudier au même point de vue d'autres acides minéraux et organiques. Avec l'aide de M. Genequand et de plusieurs autres collaborateurs, j'ai entrepris sur ce sujet une série de recherches, dont le présent mémoire donne les premiers résultats. Ceux-ci tendent à montrer que la réaction qui donne naissance à l'acide acétonitrique est une réaction générale. Tous les acides

minéraux, du moins tous ceux que nous avons examinés jusqu'ici, peuvent se combiner par simple addition aux anhydrides organiques, et inversément tous les anhydrides minéraux, complets ou incomplets, peuvent s'unir aux acides organiques. Les produits de ces réactions sont des anhydrides mixtes; je les désigne plus spécialement sous le nom d'*anhydrides organo-minéraux*, destiné à faire ressortir leur double provenance.

Tous ces composés ont une propriété commune, qui n'est pas pour faciliter leur étude. Ils sont remarquablement sensibles à l'action de l'eau, qui les dédouble en leurs deux constituants. Exposés à l'air humide, ils se décomposent rapidement. Ce fait exige des précautions spéciales pour leur conservation et leur analyse. Plusieurs d'entre eux sont en outre incristallisables et ne distillent pas sans altération; on ne peut les purifier que par des lavages au moyen de liquides appropriés.

Malgré ces circonstances défavorables, nous avons réussi à isoler à l'état de pureté les anhydrides de différents acides organiques avec les acides nitrique, phosphorique, pyrophosphorique, arsénieux, sulfurique, chromique et borique. Ces corps seront décrits dans les pages qui suivent; les noms des collaborateurs qui m'ont prêté leur concours pour les diverses parties de ce travail seront indiqués en tête de chaque chapitre; je suis heureux de les remercier ici de leur aide, ainsi que de la persévérance dont ils ont fait preuve dans des recherches expérimentales parfois difficiles.

CHAPITRE Ier

L'ACIDE ACÉTONITRIQUE[1]

(M. P. Genequand)

La préparation de l'acide acétonitrique est des plus simples. On mélange 720 g. (2 mol.) d'acide acétique glacial et 390 g. (1 mol.) d'acide nitrique fumant de densité 1,5, et on soumet le liquide à la distillation fractionnée, dans un ballon de Ladenburg à plusieurs boules. Le bouchon qui fixe le thermomètre, ainsi que celui par lequel est adapté le réfrigérant, doivent être entourés de papier d'amiante, pour prévenir leur attaque, ou mieux encore remplacés entièrement par une bande de ce même papier enroulée sur elle-même.

On recueille d'abord deux fractions, la première jusqu'à 125°, qui renferme l'excès de l'un ou de l'autre acide, ainsi que l'eau qu'ils pouvaient contenir, la seconde de 125 à 128°,5. Celle-ci est rectifiée de nouveau; on met à part ce qui passe entre 126 et 127° (non corr.). On obtient ainsi 800 gr. environ d'acide acétonitrique, ce qui représente un rendement de 73 °/o. Cet acide est presque absolument pur, et a servi pour toutes les réactions qui seront décrites dans les chapitres suivants. Pour l'analyse, nous avons poussé le fractionnement un peu plus loin, ce qui nous a permis de fixer le point d'ébullition exact de l'acide acétonitrique à 127°,7 (corr.) sous la pression de 730mm.

[1] Communications préliminaires : *Berichte* 35, 2526 et *Bull. de la Soc. chimique de Paris*, 27, 863. — Brevet allemand n° 137100.

Analyse.

Le dosage du carbone et de l'hydrogène dans l'acide acétonitrique peut se faire par le procédé ordinaire de combustion, à la condition d'employer une spirale de cuivre d'au moins 12 cm. de longueur pour réduire les oxydes de l'azote, et de conduire l'opération très lentement. Mêmes précautions à prendre pour le dosage de l'azote, que nous avons effectué d'après la méthode de Dumas.

I.	0,1206 g. subst.	- 0,1173 g. CO_2	- 0,0569 g. H_2O	
II.	0,1700 »	- 0,1634 »	- 0,0776 »	
III.	0,1107 »	- 7,9 cc N	- 21,5°	- 727,8^{mm}
IV.	0,2406 »	- 16,7 cc N	- 20,5°	- 733^{mm}

	Trouvé				Calculé pour
	I	II	III	IV	$C_4H_9NO_7$
C	26,52 %	21,21 %	—	—	26,23 %
H	5,24	5,07	—	—	4,92
N	—	—	7,72 %	7,63 %	7,65

Poids moléculaire.

Nous l'avons déterminé par la méthode cryoscopique de Raoult. Parmi les dissolvants employés ordinairement, le benzène, le phénol et le nitrobenzène se sont montrés inutilisables dans le cas particulier, vu qu'ils sont attaqués, même à froid, par l'acide acétonitrique. Mais nous avons heureusement trouvé dans le bromure d'éthylène et dans le bromoforme deux dissolvants qui

nous ont permis d'effectuer normalement la détermination. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

I.	38 gr.	$C_2H_4Br_2$	- 0,2654	g. subst.	-	Abaiss.	0,45°
II.	38,5	»	- 0,6394	»	-	»	1,05°
III.	38,8	$CHBr_3$[1]	- 0,6218	»	-	»	1,15°

Poids moléculaire.

Trouvé		Calculé pour $C_4H_9NO_7$
I.	184	183
II.	186	
III.	192	

En employant l'acide acétique comme dissolvant, nous avons obtenu :

IV. 19,6 g. $C_2H_4O_2$ - 0,5401 g. subst. - Abaiss. 0,45°

ce qui conduit au chiffre de 238 pour le poids moléculaire. Ce chiffre ne correspond point aux précédents; mais il coïncide avec celui qu'exigerait un corps formé par la combinaison d'une molécule d'acide nitrique avec trois molécules d'acide acétique, autrement dit avec un produit d'addition d'une molécule d'acide acétonitrique et d'une molécule d'acide acétique. Ce composé aurait un poids moléculaire égal à 243. Il est donc très probable qu'il se forme à basse température, dans les conditions de l'expérience, par réaction du corps dissous sur le dissolvant.

Nous avons constaté un fait semblable chez l'acide acétochromique (voir plus bas).

Des essais de détermination du poids moléculaire par la méthode ébullioscopique de Beckmann n'ont pas

[1] Constante 144 selon Ampola et Manuelli, *Gazzetta chim. italiana* 25 (2), 91.

donné de résultats positifs, faute d'un dissolvant qui ne fût pas attaqué à l'ébullition par l'acide acétonitrique.

Densité de vapeur.

Nous l'avons prise par la méthode de V. Meyer dans le xylène bouillant (138°); nous avons obtenu le chiffre 2,24.

La densité calculée pour $C_4H_9NO_7$ est 6,34.

et pour $2\,C_2H_4O_2 + HNO_3$ 2,11.

A la température de l'expérience, soit 10° au-dessus du point d'ébullition, la vapeur de l'acide acétonitrique est donc déjà entièrement dissociée, et l'on n'a qu'un mélange des vapeurs des deux acides constituants.

Propriétés.

L'acide acétonitrique est un liquide incolore lorsqu'il est fraîchement distillé; il prend avec le temps une légère teinte jaune. Il fume à l'air, ce qui provient de la décomposition de ses vapeurs par l'humidité.

Il distille à 127,7° (corr.) sous la pression de 730^{mm}, en subissant, comme l'acide nitrique lui-même, une très légère décomposition, qui se manifeste par la formation de vapeurs rouges. Sous la pression de 17^{mm}, il bout à 45°.

Sa densité, rapportée à l'eau à 4°, est

1,201 à	12°
1,197	15°
1,189	23°

Son indice de réfraction $n_D = 1,38432$ à 23°.

Il est miscible en toutes proportions à l'eau. On

remarque alors une légère élévation de température (12° environ). La titration de cette solution au moyen de la potasse caustique donne exactement trois molécules d'alcali pour une d'acide. Il n'en faudrait point conclure que l'acide acétonitrique fonctionne, en solution aqueuse, comme un acide tribasique. On doit admettre, au contraire, qu'il est immédiatement dissocié par l'eau, comme par la chaleur, et que sa solution aqueuse ne renferme en réalité qu'un mélange des acides nitrique et acétique.

Cela résulte de l'examen cryoscopique de cette solution :

I.	19 gr. H_2O	– 1,1194 g. subst.	– Abaiss. 2,25°	– P.M.	49
II.	19 »	– 0,4418 »	– » 0,9°	– »	49
III.	21 »	– 0,5044 »	– » 0,85°	– »	53
	Calculé pour $C_4H_9NO_7$			»	183
	» $2\,C_2H_4O_2 + HNO_3$			»	61

L'acide acétonitrique se mélange aussi à froid à plusieurs dissolvants organiques : alcools méthylique, éthylique et amylique, acides formique et acétique, éther, éther acétique, chloroforme, acétone, benzène, toluène. Ces trois derniers, ainsi que les alcools, sont attaqués plus ou moins rapidement (voir plus bas).

En revanche, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole et le tétrachlorure de carbone ne dissolvent pas l'acide acétonitrique.

Constitution.

La détermination du poids moléculaire suffit à elle seule à montrer que l'acide acétonitrique n'est point un simple mélange des acides acétique et nitrique, mais

un composé défini. Au besoin cela résulterait en outre :

1. Du dégagement de chaleur qui accompagne sa formation.

2. De son point d'ébullition (127°,7) qui est plus élevé que celui de chacun des deux acides constituants (86° et 118°).

3. Du fait que sa composition reste la même, qu'il soit distillé à la pression ordinaire ou à celle de 17mm.

4. De l'existence des sels de mercure et d'argent qui seront décrits au chapitre suivant.

5. De l'analogie qu'il présente, dans toutes ses propriétés, avec les autres anhydrides organo-minéraux.

C'est donc un produit d'addition de deux molécules d'acide acétique et d'une d'acide nitrique :

$$2\,C_2H_4O_2 + HNO_3 = C_4H_9NO_7$$

Quel est le mécanisme de cette réaction et à quelle formule constitutionnelle conduit-il pour l'acide acétonitrique ?

On peut, selon nous, faire à ce sujet deux hypothèses. Celle qui se présente la première à l'esprit est que l'addition des deux acides se fait par rupture de doubles liaisons. En effet, l'acide nitrique (si l'on admet que l'atome d'azote y fonctionne comme élément pentavalent) et l'acide acétique sont tous deux des composés non saturés qui renferment, le premier deux doubles liaisons, le second une :

Acide nitrique	Acide acétique
$O=\overset{\displaystyle OH \atop \displaystyle |}{N}=O$	$CH_3-\overset{\displaystyle OH \atop \displaystyle |}{C}=O$

Selon que l'on suppose que, dans la formation du

produit d'addition, la rupture des doubles liaisons a lieu dans l'acide nitrique seul ou dans les deux acides à la fois, on arrive pour l'acide acétonitrique aux deux formules suivantes :

I

$$\begin{array}{ccccccccccccc} & & & & & \mathrm{HO} & & \mathrm{OH} & & \mathrm{OH} & & & \\ & & & & & & \diagdown & | & \diagup & & & & \\ \mathrm{O} & = & \mathrm{C} & - & \mathrm{O} & - & & \mathrm{N} & & - & \mathrm{O} & - & \mathrm{C} = \mathrm{O} \\ & & | & & & & & & & & & & | \\ & & \mathrm{CH_3} & & & & & & & & & & \mathrm{CH_3} \end{array}$$

II

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{HO}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{C}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{O}}{\mathrm{O}}>\overset{\overset{\mathrm{OH}}{|}}{\mathrm{N}}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{O}}{\mathrm{O}}>\mathrm{C}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{OH}}{\mathrm{CH_3}}$$

La seconde hypothèse consisterait à admettre que, soit dans la molécule de l'acide nitrique, soit dans celles de l'acide acétique, deux atomes d'oxygène deviennent tétravalents, et que c'est l'entrée en jeu des valences supplémentaires qui provoque l'addition. Cette interprétation s'appuierait sur les récents travaux de MM. Bæyer et Villiger[1] qui ont montré qu'un grand nombre de composés organiques oxygénés (éthers, alcools, aldéhydes, cétones, etc.) se comportent vis-à-vis de certains acides complexes comme de véritables bases et qu'ils s'unissent à eux pour former des sortes de sels, ce qui ne peut se faire que par l'intermédiaire de leurs atomes d'oxygène, qui deviennent tétravalents.

Il nous semble que l'acide acétonitrique ne saurait rentrer dans cette classe de corps, et qu'il doit posséder une toute autre constitution. Assimiler l'acide acétique aux composés oxygénés étudiés par MM. Bæyer et Villiger, lui supposer un caractère basique, quelque

[1] *Berichte*, **34**. 2679.

faible fût-il, vis-à-vis de l'acide nitrique, et faire de l'acide acétonitrique un composé salin, nous paraîtrait quelque peu hardi et difficilement conciliable avec la nature chimique des corps en question. Une interprétation de ce genre ne pourrait être prise en considération qu'en l'absence de toute autre, et nous ne voyons point que, dans le cas particulier, il soit nécessaire d'avoir recours à un changement de valence de l'oxygène pour expliquer la formation de l'acide acétonitrique, pas plus que celle des autres anhydrides mixtes [1].

Nous regardons par conséquent la première hypothèse, celle de la rupture des doubles liaisons, comme la plus simple et la plus naturelle, et il ne reste plus qu'à faire un choix entre les deux formules I et II.

Nous penchons pour la première, parce qu'elle fait mieux ressortir l'analogie qui existe indubitablement entre la formation de l'acide acétonitrique et celle des hydrates de l'acide nitrique. On sait que, mis en présence d'eau, l'acide nitrique en fixe successivement une et deux molécules, pour donner les hydrates $NO(OH)_3$ et $N(OH)_5$. Ces corps ne peuvent, il est vrai, être isolés par distillation, mais on admet généralement qu'ils se trouvent dans les produits de distillation de l'acide nitrique, ainsi que dans ses solutions aqueuses. L'existence de l'hydrate $N(OH)_5$, ou *acide orthonitrique*, en particulier, semble prouvée par les travaux de Berthelot [2] et de Wislicenus [3] sur les quantités de chaleur

[1] Ce point de vue a été aussi soutenu par MM. Hoogewerff et van Dorp en ce qui concerne leurs produits d'addition avec l'acide sulfurique.

[2] *Comptes rendus*, **78**, 769 (1874).

[3] *Berichte*, **3**, 972 (1870).

dégagées dans le mélange de l'acide nitrique avec l'eau, par la composition de certains nitrates basiques et enfin par les récentes expériences de M. Erdmann[1] qui, en faisant passer de l'air sec dans une solution aqueuse d'acide nitrique maintenue à la température de — 15°, a vu se former de longues aiguilles ayant la composition H_3NO_5.

L'addition de deux molécules d'eau à l'acide nitrique, pour former l'acide orthonitrique, nous semble absolument comparable à l'addition de deux molécules d'acide acétique, pour donner naissance à l'acide acétonitrique. Le processus étant dans les deux cas le même, les produits doivent avoir des constitutions semblables :

$$\underset{\text{Acide nitrique}}{NO_2(OH) + 2\,H_2O} = \underset{\text{Acide orthonitrique}}{N\left\{\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \\ OH \\ OH \end{matrix}\right.}$$

$$\underset{\text{Acide nitrique}}{NO_2(OH) + 2\,CH_3.COOH} = \underset{\text{Acide acétonitrique}}{N\left\{\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \\ OCOCH_3 \\ OCOCH_3 \end{matrix}\right.}$$

Ce dernier serait donc l'*acide diacétylorthonitrique* et sa constitution répondrait à la formule I.

Ses propriétés concordent bien avec cette formule ; l'acide acétonitrique est, il est vrai, plus stable que l'acide orthonitrique, puisqu'il distille sans décomposition à la pression ordinaire. Mais cette stabilité n'existe déjà plus à une température très peu supérieure au

[1] *Zeitschrift für anorg. Ch.* **32**, 431 (1902).

point d'ébullition, puisque sa vapeur est déjà entièrement dissociée une dizaine de degrés plus haut, ainsi que nous l'avons montré.

La décomposition de l'acide acétonitrique par l'eau, qui le transforme instantanément en un mélange d'acide acétique et d'acide orthonitrique, lui confère de plus le caractère d'un véritable anhydride, caractère qui est exprimé d'une manière plus exacte par la formule I que par la formule II.

Quelle que soit du reste celle des deux formules que l'on préfère, l'acide acétonitrique est à notre connaissance le premier dérivé connu de l'azote dans lequel cet élément est uni directement à cinq atomes d'oxygène. Son existence rend donc fort probable que dans l'acide nitrique lui-même, dans ses sels et dans les dérivés organiques nitrés, l'azote fonctionne aussi comme élément pentavalent, et que ces corps doivent être formulés

$$H\text{-}O\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow O}} \qquad K\text{-}O\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow O}} \qquad C_6H_5\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow O}}$$

et non

$$H\text{-}O\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup O}{\diagdown O}}\Big| \qquad K\text{-}O\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup O}{\diagdown O}}\Big| \qquad C_6H_5\text{-}N{\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup O}{\diagdown O}}\Big|$$

Il nous a paru intéressant de rechercher si les acides nitrique et acétique peuvent se combiner dans des proportions autres que celles où ils se trouvent dans l'acide acétonitrique.

En mélangeant une même quantité d'acide nitrique fumant (23 cc., correspondant à 1 mol.) avec des

quantités croissantes d'acide acétique glacial correspondant à $\frac{1}{2}$, 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 3 molécules, nous avons trouvé que la température du mélange s'élève du nombre de degrés suivant :

Acide acétique.	Molécules.	Elévation.
17 cc	$\frac{1}{2}$	18°
33	1	23°
50	1 $\frac{1}{2}$	22°
67	2	20°
100	3	16°

On voit que c'est au mélange équimoléculaire que correspond le dégagement de chaleur maximum, et non à celui (1 : 2) qui donne naissance à l'acide acétonitrique. Ce fait semble indiquer la formation d'un composé $NO(OH)_2(OCOCH_3)$. Nous avons cherché à l'isoler par distillation fractionnée, mais nous n'y sommes pas parvenus. Lorsqu'on fractionne le mélange équimoléculaire, on obtient d'un côté de l'acide acétonitrique, de l'autre la moitié de l'acide nitrique employé. Si donc le dérivé monoacétylé se forme, il n'est pas volatil sans altération et se décompose à la distillation selon l'équation :

$$2\ NO(OH)_2OCOCH_3 = N(OH)_2(OCOCH_3)_2 + NO_2(OH)$$

Nous n'avons pas réussi davantage à obtenir, par déshydratation de l'acide acétonitrique, un composé de la formule

$$NO(OH)(OCOCH_3)_2$$

Les déshydratants usuels agissent dans d'autres sens ; l'acide sulfurique et l'anhydride phosphorique décomposent violemment l'acide acétonitrique, l'anhydride borique est sans action, les chlorures de calcium et de

zinc dégagent du chlore, enfin l'anhydride acétique est oxydé et nitré et se convertit en un corps dont il sera parlé plus loin.

CHAPITRE II

Sels et éthers de l'acide acétonitrique[1]

(M. E.-I. Klein)

On ne connaît avec certitude aucun sel dérivant de l'acide orthonitrique pentabasique $N(OH)_5$, bien que l'on puisse à la rigueur rattacher à ce type certains nitrates basiques ou hydratés. Mais ces derniers composés sont peu stables, se décomposent au contact de l'eau et montrent une grande tendance à se retransformer dans les nitrates normaux de la formule MNO_3. Cela est encore plus vrai pour les éthers, dont on n'a encore préparé que les représentants du type RNO_3.

Il semblait donc *a priori* peu probable que l'acide acétonitrique pût fournir des sels ou des éthers dans lesquels il fonctionnerait comme acide tribasique. Nous avons cependant cherché à en préparer.

En ce qui concerne les sels, il était bien certain que, vu la décomposition immédiate que subit l'acide acétonitrique en présence d'eau, il ne serait pas possible de les obtenir par l'action directe des oxydes, hydrates ou carbonates métalliques, même pris à l'état sec, la formation du sel ne pouvant avoir lieu dans tous ces cas qu'avec départ simultané d'une ou plusieurs molécules d'eau.

[1] Extrait de la thèse de M. Klein : Contribution à l'étude de l'acide acétonitrique.



Deux moyens semblaient seuls praticables :

1° L'action d'un métal sur l'acide acétonitrique.

2° L'addition d'acide acétique à un nitrate, ou inversément celle d'acide nitrique à un acétate.

Le premier moyen ne nous a pas donné de résultats conformes à nos espérances. Nous avons constaté que les principaux métaux (aluminium, zinc, argent, fer, cuivre, plomb, étain) se comportent vis-à-vis de l'acide acétonitrique absolument comme vis-à-vis de l'acide nitrique lui-même ; les réactions auxquelles ils donnent lieu ont évidemment pour premier effet de décomposer la molécule de l'acide acétonitrique, et de mettre en liberté les deux acides constituants.

Il n'en a pas été de même du second moyen, qui, à côté de bien des résultats négatifs, nous a cependant, dans deux cas, conduits au but et nous a permis de préparer deux sels que l'on doit très certainement considérer comme des *acétonitrates*.

Nous allons exposer très brièvement nos expériences dans cette direction.

Essais de préparation des acétonitrates par l'action de l'acide acétique sur les nitrates, ou par celle de l'acide nitrique sur les acétates.

Nous avons procédé dans tous les cas de la même manière. Nous avons traité, à froid ou à chaud, les nitrates par l'acide acétique glacial ou les acétates par l'acide nitrique fumant. Ces sels avaient été préalablement, lorsque cela était nécessaire, privés de leur eau de cristallisation. Nous avons examiné ensuite, soit le résidu insoluble, soit la substance entrée en dissolution,

et nous y avons constaté, par les réactions usuelles, la présence ou l'absence des acides nitrique et acétique. Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit :

Potassium. — Le nitrate de potasse se dissout en petite quantité dans l'acide acétique bouillant, et se sépare de nouveau par refroidissement en gros cristaux. Ceux-ci, ainsi que le résidu insoluble, sont du salpêtre non transformé.

L'acétate de potasse se dissout facilement à chaud dans l'acide nitrique; par refroidissement il se dépose du nitrate.

Sodium. — Le nitrate de soude n'est ni dissous, ni attaqué par l'acide acétique bouillant.

L'acétate de soude est facilement soluble à chaud dans l'acide nitrique, en se convertissant en nitrate.

Ammonium. — Le nitrate d'ammoniaque cristallise dans l'acide acétique sans subir d'altération.

Calcium. — L'acétate de calcium est vivement attaqué par l'acide nitrique, et transformé en nitrate.

Le nitrate de calcium se dissout dans l'acide acétique bouillant, et en recristallise très lentement lorsqu'on abandonne sa solution sur l'acide sulfurique.

Strontium et Baryum. — Les acétates des deux métaux sont convertis par l'acide nitrique en nitrates.

Les nitrates ne sont pas attaqués à l'ébullition par l'acide acétique.

Magnésium. — L'acétate est facilement soluble dans l'acide nitrique; il se transforme en nitrate.

Plomb. — Le nitrate ne se dissout pas dans l'acide acétique.

L'acétate donne avec l'acide nitrique bouillant un précipité de nitrate.

Cuivre. — L'acétate de cuivre chauffé avec l'acide nitrique jusqu'à dissolution complète subit une décomposition; il se dépose par refroidissement du nitrate de cuivre.

Argent. — Lorsqu'on chauffe à l'ébullition le nitrate d'argent avec un excès d'acide acétique, il y a dissolution partielle. En filtrant à chaud et en laissant refroidir. on obtient de longues aiguilles incolores, que l'on essore à la trompe et que l'on sèche à l'air.

Ce sel donne à la fois les réactions de l'acide nitrique et celles de l'acide acétique. Son apparence parfaitement homogène et ses propriétés, fort différentes de celles du nitrate d'argent et de l'acétate d'argent, excluent la possibilité qu'il constitue un simple mélange de ces deux sels. Exposé à l'air humide, il noircit lentement par suite de la formation d'argent métallique; il perd en même temps la totalité de son acide acétique. Le résidu ne donne plus les réactions de cet acide et consiste probablement en un mélange de nitrate d'argent et d'argent métallique.

Il ne présente pas de point de fusion; chauffé graduellement, il explode violemment à 172°.

L'analyse de ce sel nous a donné les chiffres suivants :

I. 0,1642 g. subst. - 0,1202 g. AgCl - Ag 55,10 %
II. 1,0433 g. » - Acide acétique 0,3115 g. soit 29,86 %

Nous aurions voulu compléter cette analyse par un dosage de l'azote par la méthode de Dumas, mais cela ne nous a pas été possible à cause des propriétés explosives du sel. Nous croyons cependant que les deux

dosages ci-dessus suffisent à établir sa composition, et qu'il constitue l'*acétonitrate diargentique*

$$\begin{matrix} CH_3\text{-}COO \\ CH_3\text{-}COO \end{matrix} > N \begin{matrix} \diagup OAg \\ -OAg \\ \diagdown OH \end{matrix}$$

On calcule, en effet, pour cette formule :

Ag	54,48 %
$C_2H_4O_2$	30,23

Il prend probablement naissance selon l'équation suivante :

$$2\ CH_3.COOH + 2\ AgNO_3 = (CH_3COO)_2N(OH)(OAg)_2 + HNO_2$$

Mercure. — On chauffe le nitrate mercureux avec un excès d'acide acétique jusqu'à complète dissolution, puis on laisse refroidir. Il se dépose au bout de peu de temps de beaux cristaux compacts, incolores et transparents. Ceux-ci fondent nettement à 205°. Ils renferment, d'après leurs réactions, de l'acide nitrique et de l'acide acétique. Ils ne contiennent pas d'eau de cristallisation, et ne diminuent pas de poids lorsqu'on les chauffe à 110°.

Analyse : 1,0955 gr. du sel ont donné 0,6767 gr. de HgCl et 0,3473 gr. d'acide acétique, d'où l'on déduit :

Hg	52,48 %
$C_2H_4O_2$	31,70

Ces chiffres correspondent bien à ceux qu'exige la formule $HgNO_3 . 2\ C_2H_4O_2$, pour laquelle on calcule :

Hg	52,39 %
$C_2H_4O_2$	31,39

Notre première idée a donc été que ce sel résultait

de l'addition de deux molécules d'acide acétique à une de nitrate mercureux, formation qui serait tout à fait analogue à celle de l'acide acétonitrique lui-même. Mais les réactions de la substance nous montrèrent que nous avions affaire à un sel mercurique et non à un sel mercureux. Il est donc probable que le composé $(CH_3COO)_2N(OH)_2(OHg)$, qui doit se former en premier lieu, subit une oxydation aux dépens d'une seconde molécule de nitrate mercureux (on observe en effet le dégagement d'une petite quantité de vapeurs nitreuses pendant l'ébullition de la solution acétique), et se convertit en *acétonitrate mercurique*

$$\begin{matrix} CH_3.COO \\ CH_3.COO \end{matrix} > N \begin{cases} O \\ O \end{cases} > Hg \quad \text{et} \quad N-OH$$

La constitution de ce sel serait ainsi semblable à celle du composé argentique.

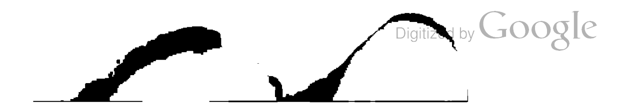
Les résultats de l'analyse correspondent, du reste, encore mieux avec cette formule, qui exige :

Hg	52,19 %
$C_2H_4O_2$	31,50

L'acétonitrate de mercure est plus stable à l'air que celui d'argent. Il subit cependant à la longue une altération, et se colore en jaune. Il est insoluble dans l'alcool et l'éther et soluble dans les acides ; les alcalis précipitent de cette dernière solution de l'oxyde mercurique. L'eau le décompose en le transformant en une poudre jaune, qui est probablement un nitrate basique.

Essais de préparation des éthers.

On verra plus loin que les alcools agissent facilement sur l'acide acétonitrique, mais en le décomposant à la



manière de l'eau, et sans donner naissance aux éthers acétonitriques. Nous avons essayé de préparer ceux-ci par combinaison directe des éthers nitrique et acétique, ainsi que par l'action de ces éthers sur les acides nitrique ou acétique libres. Mais nous n'avons pu constater dans aucun cas une addition des deux corps en présence, avec formation d'un éther acétonitrique.

1. 9 gr. de nitrate d'éthyle (1 mol.) et 18 gr. d'acétate d'éthyle (2 mol.), chauffés à l'ébullition pendant une demi-heure, ne réagissent pas l'un sur l'autre. On peut séparer de nouveau par distillation fractionnée les deux substances non transformées.

2. Il en est de même d'un mélange de 18 gr. de nitrate d'éthyle (1 mol,) et de 24 gr. d'acide acétique (2 mol.).

3. Même résultat avec 30 gr. d'acétate d'éthyle (2 mol.) et 11 gr. d'acide nitrique (1 mol.).

(A suivre.)

ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

L'ÉLECTROLYSE DES CHLORURES ALCALINS

(1er Mémoire).

Théorie élémentaire des Electrolyseurs à diaphragmes

PAR

Philippe-A. GUYE

INTRODUCTION

Les belles recherches de M. Fœrster et de ses collaborateurs sur l'électrolyse des chlorures alcalins en solution aqueuse ont mis en lumière le mécanisme intime des réactions fort intéressantes qui déterminent dans un appareil à diaphragme, la formation des produits principaux, l'alcali et le chlore, et des produits secondaires, l'acide hypochloreux, les hypochlorites et les chlorates, l'oxygène et l'anhydride carbonique. Elles ont permis en outre de préciser les principales conditions favorables à la production des alcalis et du chlore.

Néanmoins, tel qu'il se présente aujourd'hui, ce problème apparaît comme fort difficile à résoudre, lorsque partant de conditions initiales données, on cherche à

suivre et à contrôler par le calcul la succession des phénomènes qui le caractérisent.

On doit, en effet, envisager tour à tour un ensemble de faits qui, s'enchevêtrant les uns dans les autres, donnent l'impression d'un tout extrêmement complexe. Indépendamment des conditions chimiques de formation des divers produits mentionnés plus haut, qui résultent de la participation simultanée du chlorure alcalin et de l'alcali formé à l'électrolyse, il semble encore indispensable de tenir compte de la diffusion de l'alcali, du compartiment cathodique au compartiment anodique, de la diffusion en sens contraire du chlore et des composés oxygénés du chlore, de l'endosmose électrique faisant refluer le liquide anodique dans le compartiment cathodique, des changements de concentration produits, dans les deux compartiments, par la migration des ions, etc.

Le présent mémoire a pour but de démontrer que, dans les conditions habituelles des expériences, et notamment lorsque celles-ci sont effectuées sur une base industrielle, ce tout complexe se simplifie, lorsqu'on se laisse guider par le principe fondamental de la participation simultanée du chlorure alcalin et de l'alcali, à l'électrolyse, tel qu'il a été posé par M. Hittorf; que tous les faits accessoires viennent alors se grouper sans peine autour de ce phénomène principal, qui s'en dégage avec une grande nettteté, à tel point que l'on peut calculer *a priori*, avec une assez grande exactitude, la quantité d'alcali produite dans un électrolyseur donné, dans des conditions de marche données, pourvu que l'on ait déterminé préalablement le facteur de transport de l'alcali et les conductibilités de ce dernier et du chlorure alcalin.

Pour la simplification des raisonnements, il ne sera question, dans les pages qui suivent, que de l'électrolyse du chlorure de sodium.

Mais il va de soi que tous les développements qui suivent s'appliquent aussi à l'électrolyse du chlorure de potassium ; il suffira de changer les valeurs de quelques constantes numériques.

Bien plus, les raisonnements dont il sera fait usage, s'adapteront généralement tels quels ou légèrement modifiés à tous les cas dans lesquels un des produits de l'électrolyse devient lui-même un électrolyte en se dissolvant, et participe, par conséquent au transport du courant, ainsi qu'aux cas où on électrolyse plusieurs corps simultanément. Ce sont donc bien les éléments d'une théorie du fonctionnement des électrolyseurs à à diaphragme que nous chercherons ainsi à établir.

Avant d'aborder notre sujet, nous croyons utile de rappeler une fois pour toutes quelques abréviations qui seront fréquemment employées au cours de ce mémoire :

1° Mol. gr. ou M. gr. = molécule-gramme. Eqt. gr. ou E. gr. = équivalent-gramme ; pour désigner des poids en grammes égaux au poids moléculaire ou à l'équivalent électrochimique.

2° Les concentrations seront souvent exprimées en Mgr/L. ou Egr/L., c'est-à-dire en molécules-grammes par litre ou en équivalent-grammes par litre, ou aussi en grammes par litre, avec la notation abrégée gr./L.

3° La quantité d'électricité égale à 96,540 coulombs sera désignée par F ; par exemple, une quantité de 150,000 coulombs représentera $\frac{150,000}{96,540} = 1.554$ F

CHAPITRE I

LE RENDEMENT INSTANTANÉ DU COURANT

A température constante, le rendement en soude est fonction à chaque instant de la concentration du liquide cathodique en NaCl et NaOH.— MM. Foerster et Jorre[1] ont établi une relation pour déterminer à nn instant donné la quantité de soude produite en fonction de la composition du liquide cathodique. Cette question étant fondamentale pour le sujet qui nous occupe, on nous permettra de rappeler sommairement et de compléter cette démonstration, d'autant plus que pour le but que nous poursuivons nous pouvons lui donner une forme beaucoup plus simple.

Supposons donc un électrolyseur à diaphragme en marche, contenant dans le compartiment anodique une solution de sel (avec de petites quantités de chlore libre d'hypochlorite et de chlorate de sodium dont nous ferons pour le moment abstraction) et dans le compartiment cathodique une solution de chlorure de sodium et de soude caustique.

D'après Hittorf, le courant électrique se répartit entre les deux électrolytes du compartiment cathodique, proportionnellement aux conductibilités du sel et de la soude, telles qu'on les mesurerait si chacune de ces deux substances était seule en solution. Si l'on désigne par $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ les conductibilités ainsi définies du chlorure de sodium à la concentration moléculaire C_1, de la

[1] F. Foerster et Jorre, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, t. 23, p. 158; voir aussi p. 163 (1900).

soude caustique à la concentration moléculaire C_2, la décharge de 1 iongr. Na sur la cathode (donnant lieu à la formation de 1 M.gr. NaOH), qui correspond au passage de 1 F, se fera aux dépens de $(1-x)$ M.gr. NaOH et de x M.gr. NaOH en solution ; x sera donné, par la relation de M. Hittorf[1] soit :

$$\frac{1-x}{x}=\frac{\varkappa_1}{\varkappa_2}$$

$$\text{d'où} \quad x=\frac{1}{1+\frac{\varkappa_1}{\varkappa_2}} \qquad (1)$$

Si l'on suppose un instant que le transport de l'électricité se fasse aux dépens de la soude seule, pour 1 E.gr. Na déchargé sur la cathode (c'est-à-dire pour 1 M.gr. NaOH formée) il y aurait migration à travers le diaphragme de n M.gr. NaOH passant dans le compartiment anodique ; n représente le facteur de transport de l'ion OH (Loi de Hittorf) ; en d'autres termes, la variation de la teneur en soude dans le compartiment cathodique serait égale à $-n$ M.gr. NaOH.

Mais comme nous venons de voir qu'il y a seulement

[1] MM. Foerster et Jorre ont mis cette relation sous la forme suivante :

$$X=\frac{1}{1+\frac{\mu\infty_1}{\mu\infty_2}\frac{C_1}{C_2}\frac{\alpha_1}{\alpha_2}}$$

dans laquelle les lettres $\mu_{,}\infty_1$, C_1, α_1 représentent la conductibilité moléculaire pour la dilution infinie, la concentration moléculaire et le degré de dissociation du sel.

Il est aisé de se rendre compte que cette expression est identique à la relation (1).

x M.gr. NaOH participant au passage du courant dans le compartiment cathodique, la quantité de soude migrant à travers le diaphragme dans le compartiment anodique sera seulement de nx M.gr. NaOH, et par suite, l'augmentation de soude, dans le compartiment cathodique sera égale à $(1-nx)$. Cette quantité représente ce que nous appellerons le *rendement instantané du courant* pour une solution contenant c_1 M.gr. NaCl et c_2 M. gr. NaOH, à une temperature donnée ; il est en effet évident que les conductibilités $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ variant avec la température, celle-ci doit être définie. Désignons donc ce rendement par r ; nous aurons donc la relation fondamentale :

$$r = 1 - nx \qquad (2)$$

Dans cette expression r ne peut varier qu'entre 0 et 1.

La relation (1) *est approchée*. — Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de formuler quelques réserves sur le caractère de cette relation. Pour calculer x par la formule (1), on devrait en toute rigueur remplacer $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ tels qu'ils sont définis plus haut par des nombres $\varkappa'_1$ et $\varkappa'_2$ représentant la conductibilité du sel dans une solution de soude à la dilution du liquide cathodique, ainsi que la conductibilité de la soude dans une solution de sel dans les mêmes conditions, de telle sorte qu'à la relation (1) on substituerait la suivante :

$$x = \frac{1}{1 + \frac{\varkappa'_1}{\varkappa'_2}} \qquad (3)$$

Il est incontestable que la relation (3) est plus rigoureuse que la relation (1) ; cependant, si l'on tient

compte du fait que dans l'une et l'autre, c'est le rapport seul des deux conductibilités qui joue un rôle on s'explique pourquoi la relation (1) est généralement suffisante pour le calcul de x. On est d'autant plus fondé à procéder ainsi que lorsqu'on passe à la relation (2), le facteur de transport n n'est généralement pas déterminé avec une très grande précision, de sorte que l'exactitude à laquelle on pourrait prétendre en déterminant x par la relation (3) serait ensuite rendue illusoire en raison de l'incertitude sur la valeur de n.

Ces considérations nous conduisent donc à attribuer à la relation (2) une portée plus grande que celle qui lui a été accordée par MM. Foerster et Jorre ; l'on verra que cette conclusion est justifiée par les faits.

Nous n'en reconnaissons pas moins que pour des travaux plus exacts, qui ne seront notamment possibles que lorsque la valeur de n sera elle-même fixée avec plus de précision, il y aura intérêt à reprendre ces questions, en calculant x par la relation (3), c'est-à-dire en s'inspirant des travaux fort intéressants sur ce sujet, dûs à MM. Schrader [1], Hopfgartner [2], Mac Gregor [3].

Pratiquement le rendement r est fonction d'une seule variable, la concentration en soude. — Le problème de l'électrolyse du chlorure de sodium ne peut être abordé avec fruit que moyennant la connaissance préalable des valeurs de r données par la relation (2), dans des conditions aussi variées que possible.

Supposons donc que l'on ait déterminé de nom-

[1] Schrader. *Zeitschr. f. Elektroch.*, 3, 498.

[2] Hopfgartner. *Zeitschr. f. phys. Chem.*, 25, 1115.

[3] Mac Gregor. *Philos magaz.*, 41, 276, et *Elecktroch. Zeitschr.*, t. VII.





breuses valeurs de r à plusieurs températures t, pour des teneurs moléculaires nombreuses c_1 et c_2 de sel et de soude; il semble, à première vue, qu'on devrait chercher à les représenter par une fonction qui, pour être générale, sera de la forme

$$r = F(c_1, c_2, t)$$

Mais pratiquement, le problème se simplifie considérablement si l'on tient compte des conditions dans lesquelles travaillent les électrolyseurs à diaphragmes, appareils de laboratoire et appareils industriels.

En effet, presque tous fonctionnent ou à température constante ou dans des limites de températures peu étendues; on est ainsi amené à ne pas considérer la température comme une variable indépendante.

Cette première restriction faite, on remarque que les liquides cathodiques sont ou maintenus saturés de chlorure de sodium (ou à concentration constante de sel), ou, partant d'une concentration initiale donnée, s'appauvrissent peu à peu en sel au fur et à mesure que se produit la soude caustique. Dans le premier cas cela revient à considérer c_1 comme une constante et la formule ci-dessus se réduit à

$$r = f(c_2)$$

Dans le second cas il y a une relation nécessaire entre c_1 et c_2 puisque pour chaque molécule NaOH produite, une molécule NaCl disparaît, dont une partie dans le compartiment cathodique et une partie dans le compartiment anodique; en d'autres termes, r n'est encore fonction que de c_2, de sorte que la relation conserve la forme

$$r = f(c_2)$$

En résumé, dans les deux seuls cas à envisager dans la pratique, le rendement instantané du courant r, n'est fonction que d'une seule variable indépendante, la concentration c, en soude ; nous pourrons donc désigner celle-ci simplement par c ; et les seules fonctions que nous aurons à envisager pour représenter ce rendement seront de la forme générale

$$r = f(c) \qquad (1)$$

Remarques. — Avant d'aller plus loin, il convient de noter que dans la pratique la migration du chlorure de sodium, du compartiment cathodique au compartiment anodique, et le transport en sens inverse de chlorure de sodium par endosmose électrique se compensent sinon totalement, du moins en grande partie ; enfin l'endosmose électrique, même très faible suffit à contrebalancer en grande partie, et souvent même totalement, le passage de la soude du compartiment cathodique au compartiment anodique par diffusion. Ces diverses causes de perturbations peuvent être généralement considérées comme peu importantes dans les conditions ordinaires ; nous les regarderons donc d'abord comme négligeables, sauf à préciser plus tard la grandeur des erreurs ainsi commises, et la manière d'en tenir compte.

Formes analytiques de la relation $r = f(c)$. — D'après ce qui précède le rendement instantané du courant n'est fonction que de la concentration c en soude, fonction qui se présentera sous deux formes différentes, répondant aux deux cas suivants :

1° Le liquide cathodique est maintenu à concentra-

tion constante de chlorure de sodium[1] le rendement du courant sera exprimé par la relation

$$r_1 = f_1(c) \qquad (5)$$

2° A partir d'une concentration initiale donnée, le liquide cathodique n'est pas alimenté en chlorure de sodium, il s'appauvrit en sel au fur et à mesure qu'il se charge en soude; le rendement du courant sera alors donné par

$$r_2 = f_2(c) \qquad (6)$$

Lorsqu'il s'agit de donner une forme concrète aux fonctions f_1 et f_2, on doit non seulement trouver des relations qui représentent avec une exactitude suffisante les valeurs r_1 ou r_2, déduites de l'expérience; il faut encore qu'elles se prêtent sans trop de difficultés aux opérations analytiques (intégrations, etc.), qui seront développées au cours de ce travail.

Après divers tâtonnements, et sans considérer la question comme épuisée, nous avons constaté que dans le cas du chlorure de sodium, on pouvait donner à la relation (5) la forme suivante:

$$r = \frac{1}{(1+ac)^{\frac{1}{2}}} \qquad (7)$$

et à la relation (6) la forme:

$$r = \frac{1}{(1+ac)} \qquad (7^{\text{bis}})$$

L'étude des variations numériques des paramètres de

[1] Ce résultat est généralement obtenu en mettant le liquide cathodique en contact avec un excès de sel solide; avec une agitation suffisante on peut assurer ainsi la saturation presque complète en sel ou tout au moins une saturation constante.

ces deux équations fera l'objet d'un mémoire ultérieur. Nous nous bornerons à signaler ici que les valeurs de a sont peu influencées par des variations de concentration en sel d'une vingtaine de grammes, ou par des variations de température d'une vingtaine de degrés.

On peut aussi remplacer (7) par une relation de la forme

$$r = 1 - ac^{\frac{1}{3}}$$

mais elle est moins commode pour les intégrations ultérieures.

Dans la suite de ce mémoire nous ne considérerons que la forme de la relation (7); nous reviendrons sur la relation (7bis), au cours de travaux en préparation ayant pour but la vérification expérimentale des formules développées dans les pages qui suivent.

(*A suivre.*)

LES

APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite[1].)

CHAPITRE VIII

Emploi pratique des fils dans la mesure des bases

Mesures sur le terrain. — Après quelques essais entrepris avec des appareils imités de ceux que M. Jäderin a imaginés, nous avons reconnu qu'on pouvait leur apporter certaines modifications ayant pour effet d'augmenter la précision des mesures en campagne sans en diminuer la rapidité. Ces modifications, qui ne s'étaient pas imposées aussi longtemps qu'on avait été limité au système bimétallique, devenaient utiles dès que, par l'emploi des fils d'invar, la certitude des mesures s'est trouvée sensiblement améliorée.

Pour comprendre le but de ces perfectionnements, il est tout d'abord nécessaire de connaître les appareils originaux de M. Jäderin, ainsi que la pratique de la méthode dont une rapide esquisse a été donnée plus haut.

Les repères mobiles qu'emploie le savant géodésien suédois sont constitués par deux bras superposés, réunis

[1] Voir *Archives,* mars 1903, p. 249; avril, p. 403; mai, p. 514.

par un joint sphérique, et dont le premier est relié au trépied par une articulation de même nature. Ces deux articulations permettent de donner instantanément au repère des déplacements dépassant un décimètre, sans avoir à agir sur le pied, et de ramener en même temps le goujon portant la croisée des traits en position verticale. Le nivellement est fait à l'aide d'une lunette à niveau, portée par un pied spécial, et servant à lire les divisions tracées sur des mires que l'on pose directement sur les repères. Quant à la détermination du point du sol placé verticalement au-dessous de la croisée des traits du repère, opération qui doit être exécutée à tout arrêt prolongé des mesures, elle est faite à l'aide d'un théodolite que l'on place successivement dans la direction de la base et dans la direction perpendiculaire, et au moyen du cercle vertical duquel on descend sur le sol le point de repère au départ ou à l'arrivée. Enfin, comme il a été dit précédemment, les fils sont tendus au moyen de dynamomètres sur lesquels agissent deux aides qui se placent dans la ligne de la base, en dehors de la portée que l'on mesure.

La fonction de ces deux aides est fort difficile à remplir et le succès de l'opération dépend, dans une large mesure, de la perfection avec laquelle ils y parviennent; ils ont, en effet, tout en faisant un effort considérable, à surveiller constamment le dynamomètre pour maintenir son aiguille sur le trait marquant la traction normale de 10 kg ; ils ont, de plus, à assurer au fil la plus grande immobilité possible pendant le temps nécessaire à l'observation ; enfin ils doivent s'efforcer d'amener la réglette au contact du repère, par un alignement dans tous les sens, de telle sorte que l'obser-

vateur n'ait qu'un effort insignifiant à exercer sur elle pour mettre son arête en coïncidence exacte avec la croisée des traits. Or, si l'on considère que les deux aides agissent l'un sur l'autre par l'intermédiaire du fil, que tout mouvement ou toute irrégularité dans l'effort exercé par l'un rend inutile la tenue parfaite de l'autre, on comprendra que la manœuvre des dynamomètres est des plus délicates, et qu'elle nécessite, de la part du personnel généralement subalterne qui en est chargé, une grande vigueur, une attention soutenue et une préparation parfaite.

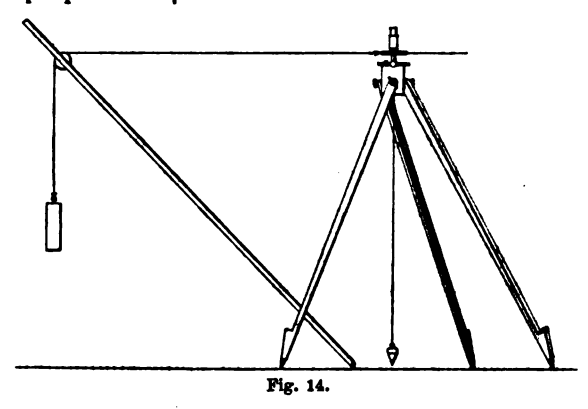


Fig. 14.

M. Jäderin mentionne, dans une de ses premières publications, la substitution de poids tenseurs aux dynamomètres, mais indique qu'il y a renoncé à cause des complications qui en résultent pour le matériel à transporter sur la base. Après nous être assurés des difficultés auxquelles donne lieu l'emploi des dynamomètres, nous avons pensé pouvoir résoudre la question de la tension par les poids, d'une manière qui nous semble parfaitement satisfaisante.

Une forte perche (fig. 14), munie d'une chape en

bronze et de deux poignées, sert de support à la poulie sur laquelle passe la corde supportant le poids tenseur. L'un des brins étant horizontal, l'autre vertical, la résultante des deux efforts agissant sur la corde est inclinée de 45° sur l'horizon, et il suffit de donner cette inclinaison à la perche pour que la résultante n'exerce sur elle aucun effort latéral. L'aide peut, dès lors, la maintenir en place aisément, et, comme les petits déplacements autour de la position d'équilibre ne font intervenir que des efforts extrêmement minimes, il peut amener la réglette à l'alignement, quelle que soit, en pratique, la hauteur des pieds, sans avoir à dépasser les efforts que l'on peut faire en conservant une stabilité parfaite. En somme on demande à l'aide simplement d'amener la réglette à l'alignement, au moment où ses muscles sont dans un repos presque complet. Lorsque, dans l'intervalle des portées, il transporte un poids de 10 kilogrammes sur une longueur de 24 mètres, on ne lui demande, en revanche, aucune espèce d'attention.

Le système des poids présente un autre avantage très appréciable. Les observateurs étant complètement indépendants des aides en ce qui concerne la position des réglettes dans le sens de la base, peuvent les déplacer à volonté sans avoir aucun commandement à donner, simplement en faisant glisser la corde sur la poulie ; ils peuvent ainsi répéter les lectures tranquillement, autant qu'ils le veulent, en déplaçant chaque fois la réglette de quelques millimètres, de façon à éliminer les erreurs fortuites des mesures et l'action variable du frottement des poulies.

Le pied portant le repère a été aussi considérablement modifié, après une étude de détail faite avec la coopération de M. Carpentier.

La tête du nouveau repère (fig. 15) se compose d'un cylindre creux de métal, surmonté d'une cuvette munie, à sa périphérie, de trois vis de réglage, et dans laquelle se meut une tablette qui fait corps avec le goujon vertical portant les traits dont la croisée constitue le repère. Ce goujon sert de support à un fil à plomb, dont le point de suspension est à une très petite distance du sommet, verticalement au-dessous de la croisée, et qui permet de pointer sur le sol la position du repère.

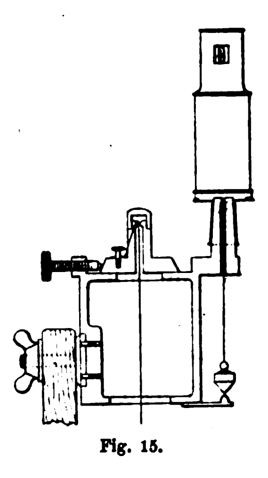


Fig. 15.

Un autre fil à plomb placé latéralement sert à vérifier la verticalité du pied.

La différence de hauteur entre les pieds successifs est mesurée à l'aide d'un niveau Goulier, dont la pièce principale est un pendule monté sur deux couteaux rectangulaires et qui porte un système optique consistant en une division vue au moyen d'une loupe, et dont chaque intervalle correspond à un centième de la tangente égale à l'unité. Cette division, aperçue par l'observateur en même temps que l'objet visé, lequel consiste en

une barrette horizontale portée par le niveau suivant, donne ainsi en centièmes l'inclinaison de la droite qui réunit les zéros de ces deux instruments.

M. Jäderin avait déjà essayé d'employer un clysimètre pour la mesure des pentes, mais estime que les indications d'un tel instrument sont trop peu exactes pour les réductions à l'horizon lorsque les pentes deviennent un peu fortes. Cela est vrai, au moins en apparence ; mais nous verrons que, en réalité, et grâce à un artifice, le niveau Goulier donne une précision comparable à celle des autres éléments de la mesure. On la rendrait plus grande à l'aide d'un appareil plus parfait au point de vue optique, et que nous étudions en ce moment.

Pour les mesures, on emploie un nombre de trépieds aussi grand que possible, eu égard au matériel que l'on peut transporter sur la base. Avec trois trépieds, on peut déjà faire des mesures ; mais on ne commencera à travailler commodément qu'avec cinq ou six trépieds, et, pour tirer de la méthode de M. Jäderin tous les avantages de rapidité qu'elle donne, on se servira si possible, de huit ou dix trépieds.

Le personnel employé à la mesure se divise en deux équipes dont les fonctions sont les suivantes :

La première équipe pose les trépieds, en les alignant sur une mire lointaine et en les plaçant à la distance convenable à l'aide d'un gabarit constitué par un câble toronné. Dans le sens transversal, elle s'efforce de placer le repère à une fraction de centimètre près, tandis que, dans le sens de la base, un écart de 2 ou 3 cm est parfaitement acceptable.

Cette équipe se compose d'un chef et de deux

auxiliaires. Le chef se place à l'arrière et tient l'une des extrémités du gabarit, qu'il tend à l'aide d'un bâton. L'auxiliaire n° 1 place les trépieds, le n° 2 tend le gabarit à l'avant. L'alignement est observé au moyen d'une petite lunette de Galilée, que le chef emporte avec lui, et qu'il place sur le goujon de repère. Le placement du trépied est fait par approximations successives, en alignement et distance ; mais, pour arriver le plus rapidement possible à la position convenable, il est nécessaire que tout le personnel soit exercé de manière à ce que, simplement en comptant les pas et en s'alignant par l'arrière sur les pieds déjà placés, on arrive sans tâtonnements à poser le pied sur le sol très près de la position qu'il doit finalement occuper. Une équique bien exercée doit pouvoir placer un pied en une minute environ. L'équipe aura à sa disposition un ou deux porteurs qui ramèneront en avant les pieds devenus inutiles à la partie arrière de la base.

La deuxième équipe est chargée de toutes les observations. Elle place d'abord un trépied sur le point de départ, repéré dans le sol par une croisée de traits. On se sert, dans ce but, des vis de réglage de la partie supérieure du pied, et on s'assure que celui-ci est bien vertical, alors que, le long de la base, des inclinaisons sensibles peuvent être tolérées. On s'aide d'une petite lunette pour observer la pointe du grand fil à plomb.

Lorsque le pied est placé approximativement, la première équipe peut commencer son travail, tandis que la seconde termine son ajustage.

Pour les mesures, la deuxième équipe se compose d'un chef qui marche à l'avant, d'un deuxième obser-

vateur, de deux auxiliaires portant les poids et d'un secrétaire. Le chef et le deuxième observateur devront échanger leurs places à intervalles réguliers, de manière à éliminer l'erreur personnelle des lectures.

La disposition des équipes est indiquée par la fig. 16.

D

C B A C E F G

H

Fig. 16.

8 pieds (H, pied supplémentaire).
A, chef de la deuxième équipe.
B, second observateur.
CC, porteurs.
D, secrétaire.
E, chef de la première équipe.
F, auxiliaire plaçant le pied.
G, auxiliaire tendant le gabarit.

L'équipe étant en place, le chef procède au nivellement, en tournant le niveau Goulier d'abord vers l'arrière, puis vers l'avant. Ce nivellement étant fait, on ne touchera plus au trépied. Le chef appelle alors l'attention de toute l'équipe en commandant : *Distance*; et, les réglettes terminales des fils étant amenées en coïncidence avec la croisée, le chef annonce : *Prêt*. Au même moment, le deuxième observateur indique sa lecture au secrétaire, le chef fait de même, puis, le fil ayant été déplacé de quelques millimètres dans le sens longitudinal, on fait une nouvelle lecture, et ainsi de suite. L'observation terminée, les deux observateurs

reprennent en main le fil, tandis que, sur un commandement du chef d'équipe, les porteurs fixent les poids aux perches. L'équipe part alors au commandement de : *En avant* ; les observateurs portant le fil élevé au-dessus de leurs têtes et modérément tendu, passent à droite tandis que les porteurs, suivant la gauche de la base, vont reprendre leur position pour la nouvelle portée.

Calcul de la base. — La réduction à l'horizon, pour chaque portée, fait intervenir le cosinus de l'angle α mesuré au niveau Goulier. L'erreur de réduction, sur chaque portée de longueur λ sera donc égale à $\lambda \sin\alpha\Delta\alpha$, $\Delta\alpha$ étant l'erreur commise dans la mesure de l'angle. Or le niveau Goulier permet à un observateur exercé et doué d'une très bonne vue d'estimer le vingtième de division du niveau, et de ne jamais commettre d'erreur supérieure au dixième, c'est-à-dire à 1/1000 dans la valeur absolue des pentes. Si celles-ci atteignent par exemple 5 °/₀, cas assez fréquent en campagne, on pourra être exposé à des erreurs qui atteindront à la limite 1/50000, valeur bien supérieure aux erreurs que donne l'emploi correct du fil. Mais on peut, grâce à un artifice très simple, éviter sans difficulté des erreurs aussi considérables.

La mesure de la base étant terminée, on procède à son nivellement indépendant, avec les appareils ordinaires, en se limitant à la détermination des positions des repères les plus voisins des maxima et minima relatifs. Considérons maintenant une section plus ou moins étendue de la base, pour laquelle le nivellement direct a donné la pente moyenne α entre ses deux points extrêmes; le nivellement au niveau Goulier a donné les

angles α_1, α_2, etc. voisins de α, et que nous désignerons par $\alpha + \varepsilon_1, \alpha + \varepsilon_2, \ldots\ldots \alpha + \varepsilon_n$.

On fera une première rectification en corrigeant de quantités égales les angles mesurés, de manière à ce que les nouveaux angles $\alpha'_1, \alpha'_2 \ldots\ldots$, subtitués aux anciens, satisfassent à la condition :

$$\frac{1}{n}(\alpha'_1 + \alpha'_2 \ldots\ldots + \alpha'_n) = \alpha,$$

ou que les écarts calculés ε' substitués aux ε donnent :

$$\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2 \ldots\ldots + \varepsilon'_n = 0.$$

La réduction à l'horizon pour chaque section de longueur L_i sera faite à l'aide des équations.

$$L_i = \lambda_i \cos(\alpha + \varepsilon'_i)$$

et pour la section entière :

$$\Sigma_1^n L_i = \cos\alpha\, \Sigma_1^n \lambda_i \cos\varepsilon'_i - \sin\alpha\, \Sigma_1^n \lambda_i \sin\varepsilon'_i$$

Les ε'_i étant très petits et leur somme étant nulle on aura, avec une approximation de deuxième ordre, les L_i étant sensiblement égaux :

$$\Sigma_1^n L_i = \cos\alpha\, \Sigma_1^n \lambda_i \cos\varepsilon'_i.$$

L'angle α étant supposé mesuré avec une erreur négligeable, l'erreur due à la réduction à l'horizon sera exprimée pour chaque section, par

$$\Sigma_1^n \Delta L_i = \cos\alpha\, \Sigma_1^n \lambda_i \sin\varepsilon'_i \Delta\varepsilon'_i,$$

$\Delta\varepsilon'$ désignant l'erreur de chacun des angles déjà rectifiés. Les très petits angles ε sont ainsi substitués aux α dans la formule des erreurs.

Supposons, par exemple, que les nivellement directs

aient été faits pour des sections de la base à l'intérieur desquelles les pentes individuelles ne diffèrent pas de la moyenne de plus de 1 °/₀, condition facile à réaliser. Supposons en outre $\Delta\varepsilon'$ égal, en moyenne à $\frac{1}{1000}$, quantité certainement supérieure à l'erreur des angles rectifiés, pour un observateur exercé. L'erreur dans chaque section de la base sera, au maximum, égale à $\frac{1}{100000}$; or la condition $\Sigma\varepsilon' = 0$ élimine les erreurs constantes dans la mesure des pentes; l'erreur due à la réduction à l'horizon serait donc, dans ces conditions, de l'ordre du millionième, au bout de cent portées. On voit donc que l'emploi du niveau Goulier, contrôlé par des nivellements directs, limités aux points où se produisent de brusques changements dans les pentes, conduit à des résultats d'une exactitude parfaitement suffisante.

On peut se demander toutefois quelle est la simplification apportée à la méthode par l'emploi du clysimètre, puisque cet instrument ne donne une exactitude acceptable, dans les pentes un peu fortes, qu'à la condition d'être contrôlé par un nivellement direct. Il est facile de montrer quel en est l'intérêt pratique.

Le nivellement précis de la position de chaque trépied, par une lunette à niveau et des mires, nécessite le transport sur le terrain de la base d'un instrument supplémentaire, ainsi que de plusieurs lattes, et exige un personnel spécial chargé de ces observations, en plus des observateurs et auxiliaires occupés aux mesures proprement dites. Ce nivellement intervenant soit pendant la pose des trépieds, soit au moment des me-

sures de longueur, entrave par moments l'une ou l'autre des opérations et produit fatalement des retards, signalés par tous ceux qui ont employé la méthode des repères.

Un nivellement de précision indépendant a, au contraire, l'avantage de pouvoir être fait lorsque la mesure de la base est achevée, avec une partie du même personnel, et par un cheminement quelconque, qui n'est plus lié à la position des trépieds, sauf pour les maxima et les minima ; ce nivellement peut en outre marcher par portées aussi longues que le permettent les pentes, ou aussi courtes que l'exige dans les fortes déclivités, la longueur des lattes.

J'ajouterai que, si l'on n'est pas trop limité par le prix du matériel, il est commode de posséder autant de niveaux que de trépieds ; mais, en toutes circonstances, trois niveaux placés sur les repères entre lesquels on mesure et sur le repère situé immédiatement à l'avant suffisent pour que l'opération ne soit jamais arrêtée.

Expériences en campagne. — Au sujet des résultats des mesures réellement effectuées avec des fils d'invar sur le terrain, je serai forcément bref. Les mesures d'un caractère pratique faites au Bureau international ont été jusqu'ici peu nombreuses, en raison de l'insuffisance numérique du personnel du Bureau, bien qu'une base ait été installée dans les allées du Parc de Saint-Cloud par les soins de M. Benoît, en vue de mettre nos appareils à l'épreuve, d'en enseigner le maniement aux géodésiens qui voudraient s'en servir, et de nous permettre de nous rendre compte à la fois de la rapidité et de la précision de la méthode ainsi que de la permanence des bases limitées par des termes enfoncés dans le terrain.

Tout ce que nous pouvons dire de ces mesures est qu'elles se font avec la plus grande facilité, et avec une vitesse de marche qui, avec un personnel exercé composé de neuf ou dix observateurs et auxiliaires, est de 500 mètres à l'heure environ, le temps du répérage sur le terrain étant mis à part; par mesure de prudence, il est bon de faire ce répérage au moins à chaque kilomètre, et même dans certaines circonstances, pour des intervalles plus rapprochés.

Quant à la précision des mesures, elle nous paraît être de l'ordre de 1/500000; mais ce chiffre repose sur un trop petit nombre d'expériences pour pouvoir être définitivement admis.

Les fils d'invar ont été soumis à une épreuve pratique très sérieuse par l'expédition suédo-russe au Spitzberg, dont les deux groupes, suédois et russe, ont mesuré des bases avec un plein succès, en se servant de fils livrés en 1898 par les aciéries d'Imphy.

Dès l'automne 1899, M. Jäderin voulut bien me donner de précieux renseignements sur les résultats obtenus, dans une lettre qu'il m'adressa le 13 septembre de Treurenberg-Bay, par 79°55′ de latitude nord. Cette lettre fut écrite la veille du départ du dernier bateau rentrant en Europe avec une partie de la mission, tandis que quelques uns de ses membres demeuraient au Spitzberg afin de pouvoir commencer les travaux au printemps 1900, avant que la mer, libre de glace, permît aux bâtiments d'aborder les hautes latitudes.

M. Jäderin me disait dans cette lettre :

« J'ai maintenant le plaisir de vous informer que nos mesures de bases faites cet été ont bien réussi. Nous

avons mesuré à l'aller et au retour, une base de 10024 mètres. Nous n'avons pu faire jusqu'ici qu'un calcul provisoire, qui nous a donné, entre les deux mesures, une divergence de 19 millimètres. Dans le calcul nous n'avons pas tenu compte de la dilatation que nous ne connaissons pas et que nous avons supposée nulle ».

M. Jäderin ajoute dans sa lettre que les fils ont été déterminés chaque jour, sur une courte base de vérification, mesurée elle-même au moyen d'une règle de 4 mètres ; les résultats numériques dont il accompagne cette indication montrent que, pour dix déterminations ainsi faites, les écarts sont toujours restés dans les centièmes de millimètre.

Cette bonne impression remportée par la mission suédoise au sujet des fils d'invar est corroborée par un résumé donné par M. Backlund des travaux de la mission russe, dans le rapport sur les travaux de l'Observatoire de Poulkova pendant l'année 1901. Il est dit, dans ce rapport, que les fils n'ont laissé apercevoir, dans les limites des températures rencontrées pendant les mesures, aucune dilatation appréciable, et que leur détermination faite avant et après la mesure de la base ne permet pas d'admettre qu'ils aient varié d'une quantité accessible à l'observation.

A cette indication, j'ajouterai une remarque que m'a communiquée verbalement M. Rubin, membre de l'expédition suédoise ; c'est que les fils restés invariables avaient tous été étuvés en suivant la technique que j'ai indiquée ; au contraire, un fil qui n'avait pas été étuvé a varié sensiblement.

Il n'est pas inutile d'ajouter que cette nécessité d'étuver les fils n'est pas propre à l'invar. Ainsi, un fil

d'acier ordinaire, mesuré au Bureau international en 1899, 1901 et 1902 et employé en campagne dans l'intervalle de ces déterminations, s'est raccourci de 7 mm au total en suivant une marche régulière pendant ces trois années. Il est certain qu'un étuvage rationnel aurait fait disparaître par avance les tensions dont l'atténuation lente a produit la contraction observée. D'après ce que nous savons sur les variations lentes de l'invar, je crois pouvoir affirmer qu'un fil non étuvé de cet alliage n'éprouverait pas, à beaucoup près, les changements observés dans ce fil d'acier.

On peut espérer posséder, dans un avenir prochain, de nombreux documents sur la tenue des fils d'invar en campagne ; en effet, le Service géographique de l'Armée française en a muni les expéditions géodésiques envoyées au Tonkin, dans l'Indo-Chine, à l'Equateur ; le Service hydrographique de la marine française s'en est servi à Madagascar ; les Services géographiques de Roumanie, de Serbie, de la Colonie du Cap en sont pourvus, et l'Institut géodésique prussien en possède une série, ainsi que la Chambre centrale des Poids et Mesures de Saint-Pétersbourg.

Grâce à cet ensemble de travaux, poursuivis dans les conditions les plus diverses et les plus indépendantes sous tous les climats, nous saurons dans peu d'années, si l'introduction du fil d'invar dans les mesures géodésiques réalise le progrès que l'on est en droit d'en espérer aujourd'hui.

Coup d'œil sur l'avenir des mesures géodésiques. — Les nouvelles méthodes rapides et précises de mesure des bases font entrevoir, pour un avenir peu éloigné, une évolution des procédés généraux de la géodésie.



En effet, la détermination d'une longueur de repère sur le terrain ayant été, jusqu'à ces dernières années, une opération longue et difficile dès que l'on voulait obtenir une suffisante exactitude, on en était venu à limiter au strict minimum le nombre des bases d'une triangulation, et à appuyer finalement toute la géodésie d'un grand pays sur deux ou trois longueurs de quelques kilomètres mesurées directement. C'est ainsi, par exemple, que la géodésie française est entièrement fondée sur les trois bases de Perpignan, de Cassel près de Dunkerque, et de Juvisy près de Paris. La grande difficulté des mesures de bases, comparée à celle des angles, justifiait d'ailleurs pleinement cette manière de procéder.

Mais il n'en est plus ainsi aujourd'hui. La mesure d'une base occupe une dizaine d'hommes pendant quelques jours ; le terrain peut, sans trop d'inconvénients, être accidenté ou couvert de cultures peu élevées ; il peut être coupé par des ravins, des fossés, des rivières de peu de largeur sans que les opérations en soient rendues moins sûres ou plus compliquées, et finalement la précision des mesures est très satisfaisante.

Assurément, les déterminations par les règles et les microscopes comportent une précision plus grande, et la comparaison directe de la précision absolue n'est pas à l'avantage des fils. Mais la question ne se pose pas sous cette forme ; il ne s'agit pas, en effet, de savoir si la base est mesurée avec plus ou moins de précision, mais bien si l'ensemble de la triangulation est plus ou moins exact. Or, dans un triangle de la meilleure forme, une erreur d'une seconde dans la mesure d'un angle équivaut, en nombres ronds, à 1/200000 en valeur

relative, et les premiers triangles partant d'une base courte ont une forme qui est loin d'être la plus avantageuse. Il est donc nécessaire que la mesure des angles soit faite avec une erreur probable d'une petite fraction de seconde pour être relativement plus parfaite que la mesure des bases par les fils.

On en conclut qu'il pourra être très avantageux de s'assurer, après un petit nombre de triangles, le raccordement à une base directement mesurée; on verra ainsi l'avenir des mesures géodésiques dans une direction très différente de celle qui a été suivie jusqu'ici, et qui consistera à chercher, dans chaque pays, tous les terrains permettant la mesure d'une base de quelques kilomètres de longueur, dont les termes soient faciles à rattacher par des triangles à des signaux éloignés bien visibles, de manière à ce que la chaîne des grands triangles vienne, à intervalles rapprochés, se raccorder à des longueurs directement mesurées. L'ensemble du réseau aura ainsi une beaucoup plus grande solidité et une valeur à peu près égale en tous ses points, sans augmentation du labeur et par conséquent des frais à consacrer à l'ensemble de ces mesures.

(A suivre.)

SUR LES

RÉGIONS OCÉANIQUES INSTABLES

ET LES

CÔTES A VAGUES SISMIQUES

PAR

F. de MONTESSUS de BALLORE

(Avec la planche VI.)

Dans un mémoire très récent, et à juste titre fort remarqué, *Seismological observations and earth physics. Geographical journal, jan. 1903*, un des sismologues des plus autorisés, J. Milne, vient, par une méthode indirecte très curieuse, de déterminer à la surface du globe douze régions, dont émaneraient les principaux tremblements de terre liés aux mouvements généraux de l'écorce terrestre. Cinq d'entre elles sont uniquement océaniques, six sont situées sur terre et sur mer, une seule est exclusivement continentale. Les nombres 16 et 8 représentent approximativement leurs surfaces maritimes et terrestres, proportion notablement inférieure à celles des surfaces immergées et émergées, ce qui reviendrait à dire que les continents sont relativement moins stables que les océans. C'est cette détermination de régions océaniques instables, non soupçonnées jusqu'à présent, qui a le plus attiré l'atten-

tion du monde savant, car elles sont peu accessibles à l'observation directe.

En raison même du chemin très détourné suivi par Milne, et malgré l'autorité incontestée autant que méritée dont il jouit, on ne saurait cependant accepter sans plus ses résultats, et c'est à leur confrontation avec ceux de l'observation qu'on nous permettra de nous livrer après avoir brièvement rappelé la méthode suivie par lui.

John Milne commence par distinguer en macroséismes et en microséismes les tremblements de terre suivant que, s'étendant à toute la surface terrestre, aussi bien qu'à son noyau, on les perçoit directement dans un voisinage plus ou moins éloigné de leur origine et instrumentablement dans les observatoires sismologiques les plus éloignés, ou suivant que, conservant un caractère local, ils ne se propagent qu'à la surface terrestre et ne sont pas enregistrés au loin. Les premiers résulteraient des grands mouvements de l'écorce, dont le processus, s'il n'est pas continu, est du moins de toutes les époques, les seconds d'actions géologiques toutes locales. Cette distinction est peut-être factice, car si leur différenciation réside en la présence ou en l'absence des frémissements préliminaires qu'accusent les sismogrammes, on est en droit de supposer qu'il ne s'agit là que d'une question de degré et non d'une véritable différence de nature intime. En tout cas il est parfaitement possible, si les frémissements sont exclusivement inhérents au passage des ondes sismiques au travers du noyau interne, que les séismes locaux manquent simplement de l'intensité nécessaire pour cette traversée et se limitent à la propagation par la surface. Rien ne

dit non plus que dans vingt ans peut-être, avec des instruments beaucoup plus sensibles encore que ceux dont on se sert actuellement, et quand on aura pu éliminer l'influence du mouvement du support de l'appareil mis en vibration par les secousses, on ne pourra enregistrer, dans un observatoire bien outillé, tous les séismes petits ou grands ressentis à la surface du globe. Il y a plus, il est toujours dangereux et souverainement gênant pour les adeptes d'une science de voir *ex abrupto* changer le sens des termes qu'ils emploient depuis longtemps, les mots de macroséismes et de microséismes s'entendant jusqu'à présent des chocs perceptibles à l'homme ou aux seuls instruments.

Quoiqu'il en soit, il résulte des études inaugurées par J. Milne au Japon, dès 1883, et de ses imitateurs et continuateurs d'Europe, en particulier d'A. Belar à Laibach, que l'examen d'un sismogramme, peut conduire à une estimation approchée de la distance à laquelle s'est produit le séisme qui a actionné les appareils; indiquer, par exemple, s'il viendrait de son antipode. On a vu, et ce fut pour la première fois, le tremblement de l'Inde NE du 12 juin 1897 mettre en mouvement les sismographes du monde entier et ses vibrations revenir à leur point de départ après leur convergence autour de l'antipode.

Un sismogramme complet présente trois genres distincts d'ondulations. 1° des frémissements préliminaires décelant de très courtes oscillations inférieures au millimètre et d'une période variant de 0",1 à 5",2°; des vibrations de plus d'amplitude et de plus longue durée. 3° de grandes ondulations d'une période de 15 à 20". On admet généralement que les premières résultent de

la propagation du mouvement sismique au travers de toute la masse terrestre avec une vitesse énorme de quelques 10 km, à la seconde, et que les autres correspondent aux mouvements horizontaux et verticaux de l'écorce terrestre et avec des vitesses respectives de 5 km. et de 2 $^1/_2$ à 3 km. à la seconde. L'intervalle de temps écoulé entre l'inscription au sismographe de ces diverses vibrations permettra de calculer la distance à l'épicentre inconnu. Que plusieurs observatoires se livrent au même calcul pour un même tremblement de terre lointain, et son épicentre pourra être localisé par ses coordonnées géographiques, sans qu'on ait besoin d'en avoir d'autres renseignements.

Cette méthode est assurément très ingénieuse, mais de quel degré d'approximation est-elle susceptible, c'est ce qu'il importe d'examiner? Pour nous en faire une idée, prenons par exemple le tremblement déjà cité du 12 juin 1897, il n'eut pas d'épicentre véritable, mais présenta une surface épicentrale en forme de triangle curviligne dont la base s'étendait sur une ligne ESE de Rangpur au delà de Sylhet, plus de 338 km., et sa hauteur de 160 km. par-dessus la vallée du Brahmapoutre et la pénéplaine de l'Assam jusqu'au pied de l'Himalaya oriental. Le mouvement géologique a vraisemblablement affecté toute cette aire immense. On doit admettre que dans ce cas les erreurs de la méthode auraient atteint les énormes dimensions de ce triangle épicentral. Autrement dit, si ce séisme n'avait été connu que par les sismogrammes d'Europe, on aurait pu se tromper de ces longueurs sur la position de l'épicentre. dont on aurait eronnément fait un point.

Ce n'est pas tout, si la vitesse de propagation des

vibrations de la première espèce paraît à peu près constante parce qu'elles traversent un milieu homogène, le noyau central, devant lequel la croûte externe est négligeable par ses faibles dimensions relatives, il n'en va pas de même des vibrations des deuxième et troisième espèces qui se propagent au travers de l'écorce hétérogène et irrégulière. Leurs vitesses de propagation seront très variables, impossibles même à prévoir, et de fait les meilleures évaluations diffèrent considérablement entre elles, les nombres mentionnés plus haut n'étant que des indications sur leur ordre moyen de grandeur. Il faut aussi de toute nécessité que les sismogrammes résultent d'un même type de sismographe, condition probablement réalisée dans les recherches de J. Milne, du moins le supposons-nous. Il est donc prudent de considérer comme entachées d'erreurs notables les déterminations de distances faites jusqu'à présent par cette méthode, et nous ne croyons pas que dans l'état actuel de la sismologie, on puisse aller plus loin que d'y voir une simple indication par estime de la région probable du globe où le séisme s'est produit. C'est beaucoup et peu tout à la fois.

Ceci posé, voici comment Milne a utilisé cette méthode, plus ingénieuse que réellement exacte. Il a pris les 208 séismes des trois années 1899 à 1901, dont les sismogrammes, enregistrés principalement dans les 38 stations anglaises munies de son sismographe, présentaient les trois genres de vibrations et lui permettaient de leur appliquer de plusieurs stations les calculs dont le principe vient d'être exposé. Il a trouvé que leurs épicentres se groupaient en 12 régions, comme nous l'avons dit au début. Nous allons les étudier en

détail en les comparant aux régions instables du voisinage. Ce sera d'autant plus facile que, tombant en majorité sur des espaces océaniques, nous pourrons nous appuyer sur le grand travail de E. Rudolph *Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen* et sur notre propre description sismique du globe, maintenant terminée.

Cette comparaison peut être faite actuellement avec une exactitude très satisfaisante. Il est vrai qu'on ne possède pas encore, et il s'en faut, la valeur chiffrée de la sismicité de toutes les parties du globe, mais on peut dire qu'au moins sur terre, on a une idée très approchée de son plus ou moins d'importance partout. Quant à ce qui concerne les océans, on est, il faut bien l'avouer, un peu plus éloigné de ce résultat, mais la navigation moderne est tellement développée et Rudolph a dépouillé ou fait dépouiller tant de journaux de bord qu'on possède une indication véritablement suffisante des espaces océaniques instables. En outre les vagues sismiques donnent aussi de précieux renseignements, quand elles viennent frapper les mêmes rivages. Ceux qui y sont exposés ne sont pas quelconques, et abstraction faite des grands séismes dont les vagues traversent par exemple tout le pacifique et frappent les côtes opposées aux points où ils se sont produits, ils sont situés soit au bord de surfaces océaniques présumées instables par les secousses sous-marines que les navigateurs y ont plus ou moins souvent éprouvées, soit au bord même de régions terrestres instables. Ces vagues sont donc d'origine tantôt marine, tantôt terrestre, et le même rivage peut être exposé aux unes et aux autres.

En résumé la sismicité de toutes les parties du globe

doit être considérée comme très approximativement connue, même dans les cas les plus défavorables. On ne doit peut-être même pas en excepter les régions polaires, pour lesquelles on ne connaît aucun séisme, car il serait bien étonnant que leurs nombreux explorateurs n'y aient jamais signalé de tremblements de terre, s'il ne s'agissait pas de territoires parfaitement stables. On peut objecter toutefois qu'enserrés dans la banquise ou le pack, les observateurs auraient presque fatalement confondu les secousses sismiques avec les dangereux mouvements de la glace. Passons, en laissant un prudent point d'interrogation.

Nous allons rapidement examiner les douze régions à macroséismes déterminées par J. Milne, dans le sens qu'il attache à ce mot, et les comparer avec les résultats de l'observation directe, tout en observant que le savant sismologue n'ayant opéré que sur les trois années 1899 à 1901, on ne saurait lui attribuer la prétention d'avoir fait un travail définitif, nouveau motif pour n'accepter ses résultats que sous bénéfice d'inventaire.

Région A, ou de l'Alaska. 25 macroséismes.

C'est un ovale allongé, comme d'ailleurs tous les autres, et dont le grand axe, à peu près NW à SE, s'étend du 37me parallèle à la racine de la presqu'île d'Alaska. La courbure de l'ancienne Amérique russe et de la Colombie britannique l'embrasse et il est tangent à l'archipel de George III. L'isobathe de 8000^{m}, après avoir longé la traînée des Aléoutes, s'éloigne du littoral continental et se retourne vers le SE de façon à mordre sur le SW de l'ovale, qui se trouve ainsi presque en

entier sur le talus de 13,000^{m} de dénivellation du sommet du Saint-Elie au fond du Pacifique. On est donc là dans des conditions éminemment favorables à l'instabilité. Cependant l'observation ne confirme pas entièrement cette indication. Les Aléoutes sont stables et la presqu'île d'Alaska l'est presque autant, malgré la présence de leurs volcans. On peut cependant signaler le tremblement du 10 septembre 1899 à Yakuta et le changement de relief de l'île Kanak, comprise dans le nord de l'ovale. Le seul point où des observations bien suivies aient été faites est Sitka, où l'observatoire météorologique russe a signalé 3 secousses en 1843, 2 en 1861 et 14 de 1880 à 1881. Ces chiffres ne donnent pas l'impression d'une très grande instabilité, et certainement la courbe qui s'étend de l'extrémité des Aléoutes à l'archipel de la Reine Charlotte ne comptera probablement jamais parmi les régions très instables du globe, quand même les observations sismiques viendraient à y prendre un grand développement.

Il en va autrement plus au SE. On connait les désastres de l'archipel de la Reine Charlotte du 24 février 1890 et du 26 septembre 1899. Mais tandis que l'ovale de J. Milne quitte le littoral en s'en éloignant à partir du cap Mendocino, c'est à ce moment que l'instabilité devient considérable, et cela d'autant plus qu'on marche vers le sud, jusqu'à San Diégo.

Au point de vue des secousses sous-marines, il est juste de dire qu'on en connait d'assez nombreuses dans les parages et au large du cap Mendocino, c'est-à-dire dans le sud de l'ovale, mais plus aucune dans le reste de son aire, tandis qu'elles reparaissent nombreuses en dehors de lui, entre les 18me et 37me parallèles et les

122me et 142me méridiens. Les vagues sismiques sévissent dans les Aléoutes les plus voisines de l'Alaska, îles Ounalachka et Ounimak, sur la côte occidentale de la presqu'île Tschuktschem autour du cap Vancouver et la côte orientale de l'île de Nuniwock, enfin dans le nord de l'archipel Sitka. Les tremblements de terre du Japon poussent leurs vagues sismiques jusqu'à San Francisco et réciproquement. Holden a profité de cette traversée du Pacifique pour en déduire par un calcul très ingénieux la profondeur moyenne de cet océan, et l'accord avec l'observation a été fort satisfaisant.

En résumé, l'ovale de l'Alaska ne coïncide pas par son quadrant SW avec des régions très instables.

Région B, ou de la Cordillère. 14 macroséismes.

Son grand axe est notablement plus incliné que celui de la précédente et se présente à peu près parallèlement à l'arête générale de la Cordillère centre-américaine entre les 80me et 125me méridiens. Rasant l'extrémité sud de la vieille Californie, il mord sur le littoral mexicain du cap Corrientes à Port Sacrificios et revient toucher la côte au cap Mata Palo au débouché du Golfe Dulce.

L'ovale embrasse bien, il est vrai, des territoires extrêmement instables, Costarica, Nicaragua, Salvador, Guatémala SW, puis les régions sismiques du Mexique entre l'isthme de Tehuantepec, la fosse du Chapalà et le plateau de l'Anahuac, et dont la sismicité s'atténue progressivement vers le nord, mais comprend en bien plus grande proportion des surfaces où les séismes sont plutôt rares, Honduras oriental, Belize, Tamauli-

pas, désert de Mapimi, vieille Californie, et d'autres enfin où ils sont tout à fait inconnus, Veragua, Mosquitie, Peten et Yucatan. L'intervalle des ovales A et B correspond à la Californie méridionale dont l'instabilité est très grande.

Le golfe du Mexique, malgré des fonds de 2000ᵐ et quoique dominé par le massif mexicain, n'a fourni aucun séisme sous-marin, et le Pacifique un seul au large des îles Revilla Gigedo. Des vagues sismiques n'ont été signalées que sur les côtes d'Acapulco, Guatémala et Costarica, toutes régions instables. Comme d'autre part le Nicaragua et le Salvador, ce dernier surtout d'une sismicité considérable, n'en ont point présenté jusqu'ici, on est en droit de supposer par contraste que celles des côtes précitées ont une origine sous-marine. Par sa proximité du littoral, l'axe de l'ovale coïncide presque avec l'isobathe de 4000ᵐ. Là donc encore l'existence du raide talus sous-marin ne coexiste que partiellement avec les régions instables émergées et immergées.

Région C, ou des Antilles. 16 macroséismes.

L'axe de l'ovale suit à peu près le 20ᵐᵉ parallèle; son aire englobe le Vénézuela littoral, les petites et les grandes Antilles, toutes régions très instables, à l'exception du centre et de l'ouest de Cuba, mais aussi les régions absolument stables de la Mosquitie, du Honduras, du Yucatan nord, de la Floride et des Bahamas, dont les trois premières lui sont communes avec l'ovale précédent et à ce titre devraient être doublement le siége de tremblements de terre. La Georgie et les Caro-

lines, célèbres par le tremblement de Charleston en 1886, sont en dehors, et aussi en dehors de l'ovale le plus voisin ou de l'Atlantique NW, dont on parlera plus loin.

De nombreux séismes sous-marins sont connus pour la mer Caraïbe et l'océan Atlantique à l'est de l'arc des petites Antilles, mais cette dernière région océanique instable s'étend largement au dehors de l'ovale, tant à l'est qu'au nord vers les Bermudes et les côtes de la Georgie et des Carolines. Les côtes du Venezuela et des Antilles sont sujettes aux vagues sismiques.

Région D, ou des Andes. 12 macroséismes.

L'axe, presque nord-sud, de l'ovale s'étend sur 44 degrés de latitude, de Puerto Montt au fond de la baie chilienne d'Ancud à la baie équatorienne d'Ancon et coupe la côte péruvienne au cap Caballos, là où elle se retourne brusquement au SE. Sur cette énorme longueur, la région D coïncide bien avec les régions sismiques tristement célèbres de l'Ecuador à Guayaquil, du Pérou central et méridional et du Chili de Coquimbo à Concepcion, mais aussi avec les territoires parfaitement stables du désert d'Atacama, du Pérou septentrional et de l'Ecuador au nord du cap San Lorenzo, en dépit des quelques séismes d'Esmeraldas. D'autre part, l'isobathe de 4000^{m} quitte le littoral vers le 36me parallèle, c'est-à-dire bien avant l'extrémité sud de l'ovale, extrémité qui dépasse beaucoup aussi la région instable du Chili. Par contre, l'Atacama stable correspond à un espace où l'isobathe de 4000^{m} s'éloigne de la côte en passant entre les abîmes dits de Bartholomew et de

Richard. Là comme précédemment, les grandes différences de relief et les fortes sismicités ne vont pas toujours exactement de pair, et c'est un point de vue sur lequel nous aurons à revenir.

Les vagues sismiques désolent cette zône jusqu'au 10me parallèle sud et jusqu'à Talcahuano et c'est au large de cette zône, jusqu'au 107me méridien que des tremblements sous-marins ont été signalés en nombre assez notable.

En résumé, les régions A, B et D jalonnent le grand axe sismique des Andes, et la région C se trouve à hauteur de son intersection avec l'autre axe sismique du globe qui passe par les Alpes et la Méditerranée, l'Himalaya, l'Insulinde, les Antilles.

Région E, ou japonaise. 29 macroséismes.

De toutes les régions de Milne, c'est assurément celle qui est en plus exacte coïncidence avec les territoires instables qu'elle englobe. L'ovale serait presque symétrique de celui de l'Alaska, s'il n'était un peu plus méridional. Son axe NE-SW longe la limite orientale du fond de l'abîme de 8000m, dit de Tuscarora, qui côtoie de très près les Kouriles et le Nippon. L'ovale écorne la pointe sud du Kamtchatka, dont la fréquence annuelle n'a été que de 4,00 de 1841 à 1854, seule période connue d'observations suivies, puis il embrasse les Kouriles stables, en dépit de leurs volcans, l'extrême ouest de l'île d'Yeso dont la presqu'île occidentale de Nemuro est d'une extrême instabilité, tout l'est enfin du Nippon jusqu'au célèbre Fusi-Yama, et où les tremblements de terre sévissent à l'état endémique. Mais il laisse en dehors de lui la plus grande partie du

Nippon et les îles sud-occidentales japonaises, où l'instabilité est par endroits tout aussi grande, témoin les provinces de Mino et d'Owari, théâtre du désastreux tremblement du 28 octobre 1891.

L'intérêt de cette région sismique océanique réside principalement en ce que Milne a montré, par l'étude des surfaces ébranlées sur terre par les 8331 séismes de son catalogue japonais de 1885 à 1892, qu'un nombre très notable d'entre eux ont leur épicentre en mer et à une distance non très éloignée, soit donc sur le talus occidental de l'abîme de Tuscarora.

On doit présumer qu'une étude semblable donnerait le même résultat pour beaucoup des régions sismiques situées sur le bord des mers à talus descendant rapidement à de grandes profondeurs. Mais par contre cet abîme s'étend loin au nord le long des Kouriles et du Kamtchatka, sans avoir suffi pour y causer une instabilité remarquable.

Il est toutefois étrange que les navigateurs n'aient jusqu'ici signalé aucun séisme sous-marin dans les parages dont il s'agit, mais seulement des éruptions sous-marines dans l'archipel Bonin et ses dépendances. De formidables vagues sismiques ont bien des fois désolé le littoral oriental du Nippon, le long des deux tiers des Kouriles (avec une origine volcanique connue), sur les côtes du Kamtchatka, aux îles Pribilow et du Commandeur, et sur celles de l'ouest de Kiushiu et du NE de Formose, c'est-à-dire bien au delà de l'ovale, tant au nord qu'au sud.

Région F, ou de Java. 41 macroséismes.

Cette énorme région, la plus vaste de celles déter-

minées par Milne, a son axe très peu incliné sur l'équateur, qu'il ne dépasse pas de plus de 10 degrés au nord et au sud, en s'étendant sur 95 degrés entre les 85me et 180me méridiens, soit plus du quart de l'équateur. Elle englobe toute l'Insulinde et ses îles instables, quoique à des degrés divers. Andaman et Nicobar, Sumatra occidental, Java, Moluques, Philippines, Nouvelle Guinée et dépendances orientales, mais aussi des territoires à rares tremblements de terre, Malacca, Bornéo, archipels à l'est de Sumatra et presqu'île d'York en Australie, et d'autres enfin où, comme dans l'Indo-Chine et le Nord de l'Australie à l'ouest du 140me méridien, ils sont complètement inconnus.

Les vagues sismiques se montrent en de nombreux points, comme l'indique la carte. Les tremblements sous-marins se montrent en assez grand nombre à l'ouest de Sumatra, c'est-à-dire sur le talus de 4000^{m} du socle qui la supporte et jusqu'au détroit de la Sonde seulement.

Région G, ou de Maurice. 17 macroséismes.

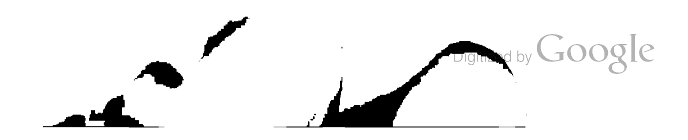
L'axe de l'ovale, incliné sur le méridien du même angle ou à peu près que celui du précédent sur l'équateur, s'étend des parages de Bombay au 30me parallèle sud en englobant dans l'ovale le sud-ouest de l'Indoustan et Ceylan et en frôlant le nord de Madagascar, dont l'Imérina, sa partie instable, lui échappe. Il suit donc le socle linéaire qui, par les hauts fonds d'Angria et les archipels des Maldives et des Laquedives, s'en va supporter les îles volcaniques de Maurice et de la Réunion. Malheureusement ces terres sont extrêmement

stables, et si l'on y connaît quelques rares séismes sous-marins, aucune vague sismique n'y a jamais été observée.

Région H, ou de l'Atlantique NE. 22 macroséismes.

L'ovale a son axe presque dirigé suivant le méridien et s'étend du tropique du Cancer au 58me parallèle. Presque tangent aux côtes occidentales de l'Irlande, du Portugal et du Maroc méridional, il englobe les Açores et tout au plus Madère, mais ni les îles du Cap Vert, ni les Canaries, tous archipels assez instables. Il comprend certainement l'épicentre du grand tremblement de terre de Lisbonne du 1er novembre 1755, et celui de quelques autres séismes portugais, pays que l'on doit considérer comme dans les mêmes conditions que le Japon, quant à l'origine sous-marine d'une proportion notable des secousses qui l'agitent. Il n'avoisine que deux régions continentales à tremblements de terre, le Portugal et le Maroc.

Si l'on se reporte à notre monographie des océans sismiques (*Archives*, avril 1901), l'on s'étonnera que cette région de Milne ait toute sa partie septentrionale, plus des deux tiers de sa surface, sur une région de l'Atlantique où, malgré une navigation des plus intenses, on n'a jamais signalé de tremblements sous-marins, tandis qu'il devrait s'étendre jusqu'à l'équateur, en touchant l'Afrique et l'Amérique du sud, parages à fréquents séismes. Ne devrait-il pas aussi embrasser la région de Daussy de part et d'autre de l'équateur (4° N. et S.; du 18me au 32me méridien) entre les abîmes de Krech et de Dizard, où les séismes sont si



fréquents que, fait unique, on a pu en calculer la sismicité.

Région I, ou de l'Atlantique NW. 3 macroséismes.

Ce petit ovale dont l'axe, à peu près NE-SW, s'étend entre les 38me et 50me parallèles, touche à l'est de Terre-Neuve, en renfermant le banc du même nom dont la disposition physique suffirait à nous faire prévoir la stabilité, si nous n'en avions encore un plus sûr garant en l'absence complète de tremblements sous-marins dans ces parages de l'Atlantique et en leur extrême rareté à Terre-Neuve même. Le très petit nombre de macroséismes qui en seraient émanés suffit à en montrer le peu d'importance, et Milne lui-même ne lui consacre aucun texte, double remarque à étendre à la région suivante.

Région J, ou de l'Atlantique nord. 3 macroséismes.

L'ovale a son axe à peu près parallèle à celui du précédent, et il s'étend à l'intérieur du triangle Islande, Spitzberg et archipel des Loffoten, en touchant Jean Mayen, pour laquelle on connaît trois séismes. Aucun tremblement sous-marin n'a jamais été signalé dans ces parages, et si l'Islande est assez stable, malgré l'activité et le développement de son appareil volcanique, les tremblements de terre, relativement fréquents aux Loffoten, n'y ont jamais causé de désastres. Ils semblent inconnus au Spitzberg.

Région K, ou alpine, balkanique, caucasienne et hymalayenne. 14 macroséismes.

L'axe de l'ovale, parallèle à celui de Java, mais plus au nord, s'étend de la Bosnie au Sikkim. S'il renferme un des ensembles instables les plus continus et les mieux définis de la surface du globe, on doit s'étonner qu'il laisse en dehors de lui les Alpes occidentales avec la Carniole, si souvent éprouvée, l'Italie toute entière, la Grèce, l'Assam et la Birmanie. Il est d'ailleurs non moins étrange que, dans les années considérées de 1899 à 1901, seulement 14 des nombreux tremblements de terre importants qui s'y sont fait sentir se soient enregistrés au loin comme macroséismes dans les conditions indiquées plus haut.

Région L, ou antarctique. 2 macroséismes.

S'étendant sur l'abîme de Ross dans l'extrême-sud de l'Atlantique et de l'océan Indien, on ne sera pas surpris d'un aveu de complète ignorance sur le plus ou moins de fréquence qu'y peuvent atteindre les tremblements sous-marins. Les hivernages de de Gerlache et de Borchgrewinck sur les bords de la masse continentale antarctique n'ont pas fait signaler de tremblements de terre. Notons toutefois que les icebergs passent pour avoir été quelquefois prématurément détachés des banquises par des séismes, sans qu'aucune observation ne vienne étayer cette conjecture lancée à propos du tremblement chilien de 1835.

Les régions H, I, J, L appartiennent à l'Atlantique,

océan remarquable par la rareté des vagues sismiques. Seules d'après Rudolph, les Açores, les îles du Cap Vert et Sainte-Hélène, toutes îles à volcans actifs ou éteints, en ont subi, ainsi que la côte sud-africaine entre le Cap et Wallfisch-Bay. Nous croyons qu'on y doit ajouter l'extrémité de la Cornouaille anglaise. Quoi qu'il en soit, la rareté de ces manifestations se concilie difficilement avec l'existence de ces quatre ovales.

En résumé, plusieurs des régions océaniques instables de Milne avoisinent bien les zones instables connues, mais la coïncidence rentre clairement dans l'ordre d'approximation qu'on pouvait attendre de la méthode. Quant à l'instabilité qu'elles décèleraient dans les aires marines elles-mêmes, il semble bien qu'on doive, au moins jusqu'à nouvel ordre, la considérer comme très hypothétique.

Mais il se présente une difficulté plus grave, car ce serait déjà un remarquable résultat que d'être tombé par un calcul appliqué aux sismogrammes aussi près qu'on l'a vu des zones sismiques instables, c'est que de nombreuses et très importantes régions à tremblements de terre n'auraient donné lieu, de 1899 à 1901, à aucun macroséisme capable d'actionner les sismographes lointains, alors qu'il serait facile de citer pendant cette période de nombreux séismes graves. Ces régions dont l'inactivité étonne sont les Alpes occidentales, l'Italie, la Méditerranée occidentale avec les côtes espagnoles et barbaresques, la côte orientale de l'Australie, la Nouvelle Zélande, les archipels de Samoa et des Sandwich, la Baïkalie, sans compter beaucoup d'autres restées en dehors des ovales les plus rapprochés et qu'on a mentionnés précédemment. Par contre, il est

juste de reconnaître qu'aucun ovale n'est tombé sur les grandes zones stables comme le Canada, la Russie, la Sibérie, l'Arabie, l'Afrique et l'Amazonie.

Toutefois, rien n'empêche d'espérer que la méthode ne puisse être perfectionnée et qu'alors elle permette en particulier de nous faire connaître les régions océaniques instables plus exactement qu'elles ne le sont encore et supplée ainsi à l'insuffisance et à la pauvreté réelles des informations tirées des journaux de bord et qu'elle nous permette aussi de distinguer si les vagues sismiques de telle ou telle côte proviennent de secousses marines ou terrestres.

Au point de vue géologique, le mémoire de Milne amène d'autres observations. Il a eu bien soin de montrer que les plus importants de ses ovales tombent sur les raides talus océaniques, surtout ceux surmontés de hautes chaînes de montagnes, à pentes raides elles aussi, ou bien jalonnent les grandes lignes de relief émergées ou immergées, accidents linéaires du relief terrestre dont les mouvements orogéniques du passé continuent à se perpétuer et à se manifester tant par des tremblements de terre, des éruptions volcaniques, des ruptures de câbles sous-marins, etc., que par de brusques et notables dénivellations dans un sens ou dans l'autre, positif ou négatif suivant la terminologie de Suess. Ce sont précisément ces conséquences grandioses qui ont tant attiré l'attention du monde savant sur le mémoire dont nous nous occupons ici. Mais si le moi est souvent haïssable, on nous permettra cependant de rappeler que dès 1895, à l'Académie des sciences de Paris (t. CXX, p. 1183) et dans les *Archives* (Relations entre le relief et la sismicité, août) l'influence

sismogénique du relief et sa signification géologique étaient nettement exprimées. Nous disions notamment ici même : « ..,le travail actuellement présenté met au « jour une intime corrélation entre les tremblements « de terre et les principales lignes de corrugation de « l'écorce terrestre, chaînes de montagnes ou grandes « profondeurs de l'océan. » Nous annoncions enfin que l'énoncé de ces lois peut se mettre sous la forme suivante :

« Les régions sismiques instables accompagnent les « grandes lignes de corrugation de l'écorce terrestre, « c'est-à-dire ses principaux traits de relief émergé ou « immergé. »

Nous nous gardions d'ailleurs d'énoncer la réciproque, à savoir que ces traits de relief fussent partout et fatalement accompagnés de régions instables, et l'étude détaillée du mémoire de Milne montre combien cette prudence était justifiée. Restriction plus importante encore, nous insistions sur la relativité des lois de détail, et rien n'est venu y contredire depuis. Si le relief ou plutôt les différences de relief jouent un rôle considérable dans la manifestation des phénomènes sismiques, si elles décèlent en général les régions où l'écorce terrestre a joué le plus récemment, puisque les influences destructives n'ont pas encore eu le temps de les effacer, si enfin elles correspondent fréquemment aux régions qui jouent encore, il n'en est pas moins vrai qu'en certaines parties de ces zones à pentes importantes, tout mouvement orogénique est mort ou même qu'il n'y tremble plus. Et précisément les grands tremblements de terre sont là où ils se produisent le critérium de la persistance des grands mouvements de

déformation de l'écorce terrestre. En un mot les zônes de Milne sont plus générales que ne le comporte réellement le phénomène et les différences de relief constituent seulement une condition favorable, presque nécessaire, mais point toujours suffisante à l'existence des régions à forte sismicité actuelle.

Il est toutefois très remarquable que le savant sismologue anglais ait pu redécouvrir l'influence du relief par des considérations d'un ordre tout différent que celles de notre méthode directe d'observation, et cela suffit à la confirmer et, en lui donnant un caractère de certitude, à l'affranchir des critiques qu'elle a subies avant d'avoir reçu la consécration de sa haute autorité.

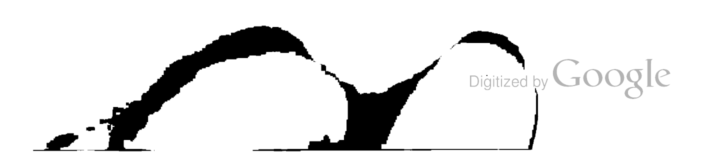
Abbeville, le 1er mai 1903.

La carte est la reproduction, autorisée aimablement par M. J. Milne lui-même, de celle de son mémoire.

Les côtes à vagues sismiques ont été indiquées d'après la carte de E. Rudolph accompagnant son mémoire (Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen. *Beiträge zur Geophysik*, Band I, 1887).

NOTE RELATIVE A LA RÉGION B.

Un fait récent, depuis peu arrivé à notre connaissance : la vague vraisemblablement d'origine sismique observée le 21 février 1902 sur les côtes du Salvador, est de nature à mitiger un peu ce que nous disions à la fin de ce paragraphe.



LES
VARIATIONS PÉRIODIQUES DES GLACIERS
VIIIme RAPPORT, 1902

rédigé au nom de la Commission internationale des glaciers

PAR

Dr S. FINSTERWALDER
Professeur à l'École polytechnique de Munich
Président de la Commission

ET

E. MURET
Inspecteur des Forêts à Lausanne
Secrétaire de la Commission.

A. ALPES DE L'EUROPE CENTRALE

I. Alpes suisses

(MM. F.-A. Forel à Morges et E. Muret à Lausanne)

Des 95 glaciers qui sont actuellement sous la surveillance des agents forestiers suisses, 78 ont été mesurés directement, ou tout au moins visités, dans l'année 1902. La très grande majorité est en décrue, et nous pouvons admettre qu'il en est de même pour les 680 autres glaciers suisses (et non les 68, comme une faute d'impression nous l'a fait dire dans notre rapport de l'année dernière) qui ne sont pas spécialement observés. La décrue est donc générale; il y a cependant eu

cette année une légère tendance à l'accroissement de quelques glaciers. Cette crue partielle se confirmera-t-elle et sera-t-elle le début d'une phase nouvelle? nous le saurons plus tard.

Le petit glacier de *Boveyre* en Valais qui, jusqu'à l'année dernière, depuis 10 ans et plus, était en état de crue manifeste, a cessé cette année de s'accroître et son front s'est retiré en arrière de la position de l'année dernière. Nous avons dit que cette crue exceptionnelle, qui étonnait au milieu des allures générales des glaciers suisses, était due à un accident local, une avalanche d'un glacier suspendu qui avait extraordinairement, et sur un point seulement, épaissi le corps du glacier principal.

Quelques glaciers présentent cette année des indices d'allongement plus ou moins marqué. Tout d'abord l'ensemble des glaciers des Alpes vaudoises sur lesquels nous allons revenir; puis, dans la vallée du Rhône, le *Kaltwasser*, déjà en allongement l'année dernière; dans le bassin de l'Aar, le *Stein*, le *Blümlisalp*, le *Wildhorngletscher*; dans celle de la Reuss le *Kehlefirn* et l'*Erstfeld*.

Pour les Alpes vaudoises, partie sud-occidentale de la chaîne des Alpes bernoises, les glaciers, tous situés sur le versant nord-occidental ou nord sont tous, ceux du moins qui sont surveillés par les forestiers, en allongement cette année, *Zanfleuron*, *Paneyrossaz*, les deux *Plans-névés*, les *Martinets*, le *Dard*, le *Scex-rouge*, le *Prapioz*; ces trois derniers étaient déjà signalés l'année dernière comme étant en crue. Il y a là quelque chose de général, dont nous ne reconnaîtrons la signification que plus tard.

Voici le tableau des variations des glaciers des Alpes suisses, suivant le type adopté dans les rapports précédents ; nous ne citons comme étant en crue ou décrue certaines que ceux qui depuis trois ans au moins ont montré les mêmes allures. Ceux qui depuis un an ou deux ans ont changé de sens dans leur variation, sont indiqués aux colonnes de crue ou décrue probables, comme nous les appelions jusqu'à présent, *douteuses*, comme nous préférons les nommer. Les deux colonnes crue ou décrue probable ou douteuse pourraient se joindre à la colonne des stationnaires, où l'on n'a pas constaté de changement, et être appelés glaciers à allures actuellement indécises.

Nombre de glaciers.

	En crue certaine.	En crue douteuse.	Stationnaires.	En décrue dout.	En décrue cert.	Non observés.	Total en surveil.
1897	4	8	6	10	36	15	79
1898	5	7	6	7	45	14	84
1899	1	9	—	19	44	20	93
1900	1	6	—	14	61	11	93
1901	1	—	—	13	68	12	94
1902	—	13	12	5	48	17	95
1902 Bassin du Rhône	—	10	4	0	18	8	40
— — de l'Aar	—	3	5	3	1	1	13
— — de la Reuss	—	—	1	2	5	1	9
— — de la Linth	—	—	—	—	—	2	2
— — du Rhin	—	—	—	—	15	—	15
— — de l'Inn	—	—	—	—	4	—	4
— — de l'Adda	—	—	—	—	2	—	2
— — du Tessin	—	—	2	—	3	5	10

II. Alpes orientales.

(M. S. Finsterwalder, à Munich.)

Pour le groupe de l'Ortler, nous n'avons cette fois que quelques renseignements concernant le versant sud. Là, la Vedretta Careser a reculé de 3m50 et la Vedretta la Mare de 11m; la Vedretta Rossa, en revanche, a fait une légère poussée en avant de 3m50, un peu douteuse au reste.

Grâce à M, le Dr Magnus Fritzsch, nous avons pour la première fois quelques renseignements sur l'état des glaciers dans le groupe de la Silvretta.. Le Jamthalferner, le Fermuntferner et le Klostertalerferner sont en phase de décrue — à ce qu'il semble, ininterrompue, — depuis le dernier maximum qui a eu lieu vers 1850-1860. Le recul a été pour ces trois glaciers de 500, 550 et 400m en tout.

Nous avons les résultats de plusieurs mensurations dans le groupe de l'Oetzthal. Le Vernagtferner, où on pouvait encore enregistrer l'année dernière une crue de 50m et une remarquable accélération de la vitesse d'écoulement qui, de 210m s'était élevée à 240m, a subitement ralenti son allure qui n'atteint plus aujourd'hui, suivant les données de MM. les Drs Blümcke et H. Hess, que le tiers de ce qu'elle était auparavant et cela sur tous les points de la langue du glacier. Il a cependant avancé encore de 20m et présente des renflements à sa partie inférieure. Son voisin, le Guslarferner, est stationnaire depuis plusieurs années.

Les mêmes naturalistes ont cherché à déterminer l'épaisseur de glace du Hintereisferner; leurs efforts

ont été couronnés de succès en ce sens qu'à 1860^m de l'extrémité de la langue, le forage a atteint la semelle du glacier à 152^m,8 de profondeur. Ce glacier est dans une phase de décrue continue qui est pour ces derniers 8 ans de 94^m soit 11^{m}8 par an. La vitesse d'écoulement a subi aussi une réduction de 25-30 °/$_0$.

D'après nos recherches personnelles, le Hochjochferner, qui est voisin, ne s'est retiré que de 1^m seulement; il s'est en revanche affaissé de plusieurs mètres.

Le Diemferner mérite une attention spéciale. D'après nos recherches personnelles, il a avancé depuis 1893 de 144^m, dont 30^m environ pour les deux dernières années. Sa forme a subi en même temps des modifications considérables et, dans la région supérieure, ses bords se sont relevés, au point d'atteindre presque le niveau des anciennes moraines.

La section de Breslau du Club Alpin nous a communiqué, cette année encore, de nombreuses mesures prises depuis différents repères; en outre, un de ses membres, M. le Dr M. Scholtz, a fait un résumé très intéressant des mesures prises depuis 1891. Nous voyons là que le Rofenkarferner s'est retiré de 26^m, le Niederjochferner de 18^m; le Martellferner de 16^m; le Spiegelferner de 8^{m}50 : le Rotmoosferner de 6^{m}50; le Langtalerferner de 18^{m}50. Le Geissbergferner, auparavant en crue, a décru de 7^m.

Durant les trois années 1899-1902, M. le Dr Fritzsch a constaté la décrue des glaciers suivants : Lungtaufererferner, 21^m; Taschachferner, 23^m; Gepatschferner, 90^m. Le Sechsegertenferner aussi, est en phase de forte décrue ininterrompue. Le Weissseeferner qui en 1899 avançait encore de 7^m, a décru depuis de 27^m.

Du groupe du Stubaï, nous n'avons d'autre renseignement que celui résultant des observations de M. le Dr Rudel, qui a mesuré l'extrémité de l'Ubelthalferner et a constaté une décrue persistante.

De nombreuses nouvelles nous sont parvenues du groupe du Tauern. M. le Dr Forster a trouvé dans les Alpes du Zillerthal, le glacier de Schwarzenstein dans une phase de décrue, mais ralentie, puisque le recul n'a été que de 2^m cette année, au lieu de 9^m durant l'année précédente. Le glacier de Horn a cessé d'avancer et s'est retiré même de 4^m, tandis que le glacier de Waxegg, au contraire, a avancé de 14^m en moyenne et de 38^m même sur un point.

Dans la région du Venediger, on n'a constaté que des reculs, qui s'élèvent suivant M. le Dr Fritsch, à 8^m pour le Reinbachkees; à 17^m pour le Krimmlerkees, qui l'année dernière encore était en phase de crue; à 8^m pour l'Untersulzbachkees; à 9^{m}50 pour le Mullwitzkees; à 8^{m}4 pour le Dorferkees; à 8^m pour le Maurerkees; à 2^{m}30 pour le Simonykees et à 3^{m}6 pour l'Umballkees.

D'après le même observateur, nous avons dans le groupe du Glockner, le Grauekees et le Ködnitzkees en décrue de 11^{m}58 et 7^m, tandis que le Pasterze est en somme stationnaire, d'après les mesures prises par M. le Dr Angerer.

Dans le groupe du Sonnblick, M. le Dr Machacek a constaté pour le Goldbergkees un recul de 20^m en deux ans, et durant le même laps de temps des reculs de 5^m et de 15^m pour le petit Fleisskees et le Wourtenkees. Le Krummelkees, qui avait en 1899-1901 fait une poussée en avant de 7^m, est dès lors stationnaire.

Dans le groupe de l'Ankogl, suivant les observations de M. le Dr Angerer, le Hochalmkees et le petit Elendkees sont en phase de décrue ralentie; ils se sont retirés de 5m et 8m, au lieu de 15m et 14m comme les années précédentes. En revanche, le grand Elendkees a compensé la petite décrue de l'année dernière par une faible crue durant cette année.

Il ressort de la récapitulation qui précède, que la phase de décrue a été plus accentuée encore cette année que les années précédentes. Néanmoins, toutes les exceptions n'ont pas disparu, preuve en soient les crues bien marquées du Diemferner et du glacier de Waxegg.

Nous devons en outre mentionner le fait qu'un des plus grands glaciers des Alpes orientales, le Gepatschferner, dont le bassin d'alimentation est très étendu par rapport aux dimensions de la langue, est en décrue continue depuis 1886, année où ont été commencés les mesurages exacts; il n'y a pas même de diminution à signaler dans la valeur du recul annuel.

Bibliographie.

H. Hess. « Der Schuttinhalt von Innenmoränen. » *Petermans Geogr. Mittheilungen.* 1903. Heft II.

H. Hess. « Zur Mechanik der Gletschervorstösse. » *Id.* 1902. Heft V.

A. Blümcke et *H. Hess.* « Einiges ueber den Vernagtferner. » *Mittheilg. des D. u. Oe. A. V.* 1902. S. 216.

A. Blümcke et *H. Hess.* « Tiefbohrungen auf den Hintereisferner. » *Id.* 1902. S. 254.

E. Rudel. « Gletscherbeobachtungen im Adamello und Ortlergebiete. » *Id.*, 1902. S. 265.

S. Finsterwalder. « Der Diemferner. » *Id.*, 1902. S. 244.

F. Machacek. « Gletscherbeobachtungen in der Sonnblickgruppe. » *Id.* 1902. S. 281.

M. Scholtz. « Die Gletscherbeobachtungen der Sektion Breslau. » *Festschrift zum 25. Jubiläum der Sektion.* Breslau 1902 (Selbstverlag).

III. Alpes Italiennes.

(M. le Prof. Porro, à Gênes.)

1. Vedretta della Marmolada. — M. le Prof. Olinto Marinelli a placé là des repères et a fait sur ce glacier, le plus étendu des Alpes du Trentin et du Vénitin, des relevés photographiques et des mesures de hauteur.

L'extrémité inférieure de ce glacier est à l'altitude de 2416^{m}; on ne dispose malheureusement pas de données suffisantes pour déterminer l'état actuel d'avancement ou de recul du front. La région supérieure du glacier montre des signes certains de décrue, mais un accroissement postérieur à 1883 a été rendu évident ensuite de l'obstruction de la grotte-refuge creusée à l'altitude de 3045^{m} par le Club Alpin Italien; l'entrée de cette grotte en effet, a été obstruée par la glace de 1884 à 1900 et en a été de nouveau débarrassée en 1901. Il n'est pas possible d'établir déjà maintenant quel rapport il y a entre cette accumulation des neiges dans les régions supérieures et les variations de longueur de la partie inférieure; on peut cependant conclure d'un calcul d'altitude fait antérieurement, que la partie infé-

rieure du glacier a considérablement reculé durant ces quarante dernières années.

M. Marinelli a constaté, en outre que la couche de glace qui recouvre le sommet de la Marmolada, a jusqu'à 19 m. d'épaisseur au niveau du signal trigonométrique de premier ordre, ancré dans la roche en place, à l'altitude de 3342^{m}.

2. Glacier du Cristal. — M. Marinelli a constaté sur ce glacier une petite décrue de 0^{m}50 au repère *a* et de 3^{m}75 au repère *b*.

3. Glaciers du Sorapiss. — M. Marinelli a constaté sur le glacier central une décrue de 0^{m}50 au signal A et sur le glacier oriental une décrue de 0^{m}15 au repère 3.

4. Glaciers du Kellerwand. — La neige qui recouvrait encore les rochers au mois d'août 1902, a empêché M. Marinelli de retrouver les repères; en septembre, M. Michel Gontani a constaté sur le premier repère une décrue de 3^{m} pour ces deux dernières années (1900-1902).

M. Marinelli n'a pas eu le loisir de visiter d'autres glaciers repérés par lui, mais il croit à un recul général.

M. Luigi Marson, professeur à Mantoue, a procédé en 1902 à des observations de contrôle, sur les champs de neige du Cavallo; il a constaté là une augmentation considérable dans l'épaisseur de la couche de neige.

M. Giotto Dainelli n'a malheureusement pas pu mettre à exécution son programme d'observations sur les glaciers du Mont-Rose, soit à cause de l'état de sa santé, soit à cause de la neige tombée durant l'hiver et le printemps, et qui recouvrait encore le front des

glaciers de Bors et de Indren. Les petits lacs des Salati entre le Stolenberg et le Corno del Camoscio étaient gelés sur presque toute leur étendue; tous les cols et plusieurs cirques étaient occupés par des petits champs de neige qui, cette année sans doute, ont été permanents. Il n'y avait que le glacier du Lys (Gressoney), dont le front fût à découvert, et M. Dainelli y a constaté un recul de 25 m., un changement considérable de forme, ainsi que le dépôt de nouvelles collines morainiques.

De l'ensemble des observations ci-dessus, on peut conclure que pour les glaciers italiens, en 1902 :

1. Le recul général a continué.

2. L'enneigement a été considérable.

Bibliographie.

Dainelli (Giotto). — « Alcune osservassioni sui ghiacciai del versanti italiano del Monte Rosa. » *Bolletino del C, A. I.* 1902. VXXX5. N. 68.

Marson (Luigi). — « Nevai di circo et traccie carsiche e glaciali nel grouppo del Cavallo. » *Bolletino della Soc. Geograph. Ital.* Fasc. 1, 1903,

Porro (Francesco). — « Ricerche preliminari sopra i ghiacciai italiani del Monte Bianco (Campagna del 1897). » *Bolletino del Soc. Geogr. Ital.* Fasc. X, XI, 1902.

Porro (Francesco). — « Elementi di Geografia fisica. Fisica terrestre e Meteorologia. » Torino. G.-B. Paravia et C. 1902. (Le chapitre VII s'occupe des glaciers.)

I. ALPES FRANÇAISES

IV. Alpes françaises et Pyrénées.

(M. le Prof. Kilian, à Grenoble.)

Les observations faites pendant l'année 1902 comprennent les résultats d'une campagne faite par M. P. Girardin pour le compte de la Commission française des glaciers, ainsi que quelques renseignements dus à MM. Durègne et Vallot. La Société des Touristes du Dauphiné reprendra en 1903 ses observations systématiques. Voici le résumé des diverses constatations faites sur les glaciers français en 1902.

A. Massif du Mont-Blanc.

Glacier des Bossons et Mer de Glace.

Ce glacier a beaucoup diminué et la Mer de Glace, stationnaire depuis longtemps, a beaucoup reculé cette année, d'après M. J. Vallot.

B. Maurienne.

(Observ. de M. P. Girardin.)

a) Glaciers repérés.

Glacier du Vallonnet (24 et 29 août.)

La présence de moraines frontales en formation et l'examen de la plus rapprochée du glacier semblent indiquer une poussée du glacier cette année; mais sur

la droite, des effondrements sont l'indice d'une diminution de la glace, donc il y a lieu de considérer ce glacier comme stationnaire. Des repères portant la date 1902 ont été placés; aucun des anciens n'a été retrouvé.

Glacier du Vallonnet supérieur.

La langue droite de ce glacier présente seule des chutes de glace, qui avaient formé cette année un névé sur le front du glacier très incliné qui est à gauche du Vallonnet inférieur. Il y aura grand intérêt à suivre ce névé. L'examen des deux langues formant le glacier indique un retrait rapide.

Glacier des Evettes (25 août).

Les Evettes représentent le type du glacier de vallée; son front est largement étalé et remplit toute la largeur du vallon avec une tendance au retrait sur la partie droite. De nos observations, contrôlées d'ailleurs par l'examen des repères du prince R. Bonaparte placés en 1892, il résulte que ce glacier est demeuré stationnaire.

Glacier des Sources de l'Arc (26-28 août).

Ce glacier, très propre, présente une langue unique, étroite et amincie, son front est en biseau et sa pente de 30 à 35°. Il est en recul évident pour le moment; ce recul, beaucoup plus rapide il y a quelques années, a ralenti depuis 1893. Ce glacier est celui de la région qui a le plus reculé; son retrait s'effectuant d'abord sur

des roches très inclinées, puis dans un couloir étroit, est le plus facile à suivre. Son tracé actuel diffère beaucoup de celui indiqué sur la carte (1873). Il descendait alors à l'altitude 2188 où il a laissé une admirable moraine. Son altitude actuelle étant d'environ 2500^m, il a reculé en hauteur de 300^m et en longueur de 1250^m depuis cette date.

Glacier du Mulinet.

D'après J.-B. Culet et Blanc, le glacier aurait avancé en 1894-95 ; en 96 il aurait atteint le bord de l'escarpement, et les chutes de glace s'accumulant au pied faisaient croire à la formation d'un nouveau glacier. Le passage était alors impossible entre le glacier et le bord de l'escarpement, après avoir été complètement libre de glace. Aujourd'hui le passage existe à nouveau et il n'y a nulle part de chute de glace. Le glacier est donc en décrue.

Glacier du Grand Méan.

Il y a peu d'indices du mouvement de ce glacier ; s'il y a recul, il se produit ou se produira en retard sur le Mulinet. Pas plus que sur ce dernier, on n'a retrouvé de repère. Quatre nouveaux, avec la date 1902, ont été établis.

Glacier d'Arnès (7 et 8 septembre).

Ce glacier paraît être en recul rapide. Un repère retrouvé à droite du torrent ne portait ni date ni initiales, avec la distance 50^m. Or le glacier se trouve

actuellement à 170^{m}, donc 120^{m} de recul. Deux repères ont été placés, un à droite, l'autre à gauche du torrent.

Glacier du Baounet (7 et 8 septembre).

Aucun ancien repère n'a été retrouvé, mais l'aspect du glacier paraît témoigner d'un recul rapide ; à moins d'un changement dans le régime atmosphérique, toute la partie pendante sur les roches est appelée à disparaître dans un an ou deux. Il y a donc grand intérêt à suivre ce recul ; deux repères ont d'ailleurs été placés à cet effet.

b) Glaciers non repérés.

Glacier des roches.

Ce glacier se retire très vite sur les escarpements qui dominent Bonneval. Aujourd'hui, il affleure à peine au-dessus de la crête, tandis que le guide J.-B. Culet l'a vu au niveau de la corniche située au-dessous.

Glacier du Montet.

Les deux pointes saillantes marquées à l'est sur la carte d'état-major n'existent pour ainsi dire plus. On a pris des vues photographiques de ce glacier.

Glacier de derrière les lacs.

Ainsi dénommé dans le pays. Le nom de lac Carré qu'on veut lui donner a été déjà employé pour désigner un glacier du versant italien. Ce glacier n'atteint plus

le sommet de l'escarpement rocheux, ainsi que cela est indiqué sur la carte ; il a donc reculé.

Glaciers de Levanna.

Ces deux glaciers presque réduits à rien aujourd'hui sont difficiles à distinguer sous la neige.

Le glacier d'*Entre deux risses* tend à se diviser en deux. Ceux de *Solliettes*, du *Roc des Pignes*, de *Charbonnel*, sont entièrement sous la neige. Il semblerait que celui du *Roc des Pignes* ait avancé cette année.

C. Grandes Rousses.

(Observations de M. P. Girardin.)

a) Glaciers repérés.

Glacier des Quirlies (24, 25 et 26 septembre.)

Ce glacier est en recul très faible depuis 1892-1893. Ce mouvement est le mieux marqué à l'extrémité gauche par une série de moraines concentriques, à éléments sableux et espacées de 5 en 5 mètres ou de 10 en 10. Vers le milieu, ces moraines sont à peine individualisées, et vers l'extrémité droite, toute moraine debout a été déblayée et les matériaux sont dispersés. L'examen des repères placés par E. Pic en 1899 donne une idée assez nette du mouvement de ce glacier. Le repère de gauche indique un recul de 31^m, celui marqué R_5 un recul de 30^m, R_4 un recul de 15^{m}50, R_3 a été perdu, enfin R_1 marque un recul de 19^m et le repère placé à droite a été perdu ; le glacier est donc en recul sensible et d'autant plus faible qu'on s'avance vers l'extrémité droite.

Glacier du Grand Sablat (24, 25 et 26 septembre).

Le glacier, aujourd'hui très réduit, s'est retiré vers le sommet du vallon, laissant à découvert un fond de glacier très incliné, encombré de matériaux morainiques. Il est encore en recul et le retrait doit continuer, vu la faible épaisseur de la glace.

Les repères placés par E. Pic en 1899 sont à leur place. Celui de droite marque un recul de 27^{m}, le suivant un recul de 22^{m}50, R_2 un recul de 42^{m}, R_3 un recul de 50^{m}; enfin le repère de gauche un retrait de 57^{m}.

D. Oisans

a) Glacier repéré.

Glacier de la Selle (28 septembre).

Ce glacier est peut-être celui qui a le plus reculé de la région. Il y a trente ans, Maximin Gaspard l'a vu à la moraine très bien marquée qui est à 600-800^{m} en avant du front actuel. Les glaciers latéraux de gauche, ses affluents, se sont séparés un à un et pendent aujourd'hui très haut au-dessus du vallon.

b) Glaciers non repérés.

(Avec renseignements de M. Tairraz, directeur du Châlet, hôtel de la Bérarde, des guides Gaspard et J.-B. Rodier.)

Glacier des Etançons.

Comme celui de la Selle, ce glacier a beaucoup reculé et continue à reculer à vue d'œil. Il aurait

reculé de 100^{m} dans les 15 dernières années (?) Aujourd'hui les deux glaciers dont la réunion constituait les Etançons sont complètement séparés; celui de droite — glacier du Pavé — avance cette année, tandis que celui de gauche — glacier de la Brèche — est en recul, d'après Gaspard père.

Glacier de la Bonne-Pierre.

Tandis que l'extrémité du glacier demeure à peu près stationnaire, la partie moyenne s'affaisse (J.-B. Rodier). D'après ce guide, le glacier aurait même des tendances à avancer; de gros blocs portant les repères 1899 ont été renversés par la poussée de la glace. En tout cas, on peut le considérer comme stationnaire.

Glacier des Sellettes et de la Muande.

Le guide Gaspard pense que ce premier glacier avance tandis que le dernier est en recul.

II. PYRÉNÉES

D'après M. Durègne, la petite crue de la fin du XIXme siècle a affecté le glacier de Vignemale; elle y a déterminé un gonflement notable sans amener, il est vrai, un allongement de la langue terminale.

On voit que l'ensemble des appareils glaciaires est en décrue accentuée (15 sur 20 glaciers mis en observation); le nombre des glaciers stationnaires est très restreint (4 sur 20 glaciers observés); enfin les cas de gonflement et de crue (3 sur 20) sont très douteux; nulle part on n'a constaté d'allongement réel du glacier, correspondant à la période 1901-1902.

(*A suivre.*)

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 février 1903.

Dr H. Fæs. L'acide prussique comme insecticide. — B. Galli-Valerio. Biologie des *Culex*. — Dr Machon. Grypotherium domesticum.

M. le Dr Henri Fæs, après avoir exposé le grand développement pris par l'entomologie agricole dans ces dernières années, présente le résultat de ses recherches sur l'action de l'*acide prussique gazeux* dans la lutte contre les insectes. La méthode, découverte aux États-Unis d'Amérique, consiste à décomposer le cyanure de potassium par l'acide sulfurique et à dégager ainsi de l'acide prussique gazeux, qui se montre très efficace contre les insectes parasites des plantes. Ces fumigations sont actuellement fort employées dans l'Amérique du Nord, aux États-Unis comme au Canada, dans les Colonies anglaises, en Angleterre, etc. On traite à l'acide prussique les jeunes plantes de pépinières, les arbres fruitiers de toutes espèces; en outre le gaz peut être employé pour débarrasser les moulins, les wagons de chemins de fer, les tramways, les bateaux, des insectes qui les envahissent si souvent. Des indications détaillées sont données sur la fumigation des arbres en pleine campagne, sur les chambres fumigatoires installées au Canada.

Les recherches de M. Fæs ont surtout porté sur l'emploi du gaz en question dans les serres, où les fumigations rendent de grands services en détruisant en particulier

les cochenilles, qui sont comme l'on sait le pire fléau des cultures sous verre. Une série d'expériences ont été exécutées dans les serres de l'Institut agricole au Champ de l'Air, avec des doses variant de 2 à 5,25 gr. de cyanure de potassium par mètre cube. D'après les résultats fort satisfaisants obtenus, on peut recommander 4,25 gr. de cyanure par mètre cube; la quantité de gaz dégagée ainsi suffit pour exterminer les parasites et les plantes résistent très convenablement à la fumigation. Outre la destruction des insectes nuisibles, il y a en effet un autre facteur essentiel à envisager dans la fumigation à l'acide prussique gazeux, savoir la résistance offerte au gaz par les plantes cultivées sous verre. Les serres du Champ de l'Air contenaient un nombre relativement élevé de plantes diverses, et c'est après des essais répétés que la dose de 4,25 gr. de cyanure par mètre cube a été adoptée comme la meilleure.

Quelques animaux, chats, souris, cobayes, merles, salamandres, grenouilles, poissons, mouches et guêpes, ont été introduits dans les serres pendant les fumigations. Les animaux à sang chaud ont péri rapidement, mais les salamandres présentèrent une remarquable résistance aux vapeurs toxiques. Quant aux insectes, ils se sont comportés d'une façon assez différente : les mouches et les guêpes succombèrent plus vite, les pucerons et les cochenilles plus tard.

Suivant les observations faites et les résultats obtenus, M. le Dr Fæs pense que l'acide prussique gazeux est appelé à rendre de réels services aux horticulteurs, mais il faudra prendre toujours de sérieuses précautions pendant le traitement, à cause de la nature si dangereuse de ce gaz. (Voir *Bull. S. V. S. N.*, mars 1903.

M. Bruno Galli-Valerio rend compte de quelques travaux relatifs aux moustiques. Les uns se rapportent aux recherches faites à la New-Jersey par Smith sur *Culex sollicitans*, etc.; les autres à ceux des médecins américains sur la prophylaxie de la fièvre jaune à Cuba; et enfin d'autres se rapportent à des publications faites par M. Galli-

Valerio, avec Mme J. Rochaz, sur la biologie des Culicidés, dans *Centralblatt für Bakteriologie* et dans les actes de la Société italienne pour les études sur la malaria.

M. le Dr MACHON fait don à la bibliothèque de la Société d'une brochure relative au *mammifère mystérieux* de la Patagonie — *El mamifero misterioso della Patagonia — Grypotherium domesticum* — par MM. Rodolfo Hauthal, Santiago, Roth et Robert Lehmann-Nitsche, du musée de la Plata, 1899.

On se rappelle qu'il y a quelques années, beaucoup de journaux scientifiques d'Europe ont parlé de l'existence vraisemblable d'un grand quadrupède, dernier reste d'une faune disparue, et que l'on aurait retrouvé en Patagonie. Toutes les conjectures étaient basées sur le fait que plusieurs voyageurs avaient rapporté, d'une immense grotte située à l'extrémité australe de l'Amérique du Sud, sur la côte du Pacifique, des fragments de peau relativement fraiche et encore pourvue de poils provenant d'un animal gigantesque inconnu. On vit alors jusqu'à un lord anglais, sir Cavendish, qui s'intéressa dans les déserts patagoniens à la recherche de l'animal mystérieux.

Il est aujourd'hui avéré que ce mammifère, le *Grypotherium domesticum*, n'existe plus à l'état vivant, mais qu'il était contemporain de l'homme des cavernes, qui savait s'en emparer, le gardait en captivité, le nourrissait de végétaux divers et mangeait sa chair.

Dans la caverne du fiord Ultima esperanza, M. Hauthal a retrouvé les restes de plusieurs de ces animaux, dont les crânes montraient qu'ils avaient été assommés à coups de pierres. Les fragments de peau qui ont donné lieu à la légende de l'existence actuelle de ce mégathéride, qui était grand comme un rhinocéros, sont aussi bien conservés que ces peaux de mammouth retrouvées dans les glaces sibériennes.

M. Hauthal a rapporté également quantité d'excréments du dit animal — qui brûlent avec la plus grande facilité. Dans la même grotte se trouvaient aussi des ossements

appartenant à toute une série d'animaux inconnus, entre autres un cheval fossile, puis un grand félin, le « Jemish Listaï », dont les Indiens parlent dans leurs légendes. C'est très probablement à cet animal qu'est dû le nom du Nahuel-Luapi (Lac du Tigre).

Enfin, au milieu de tous ces ossements, des restes humains, des traces de feu et des débris de l'industrie des premiers habitants du continent américain.

Séance du 4 mars.

M. Lugeon. Géologie des Carpathes. — F.-A. Forel. Poussières volcaniques. — C. Dusserre et Th. Bieler. Pouvoir absorbant des sols arables. — P. Perrivaz. Monstruosités végétales.

M. Maurice Lugeon fait une communication sur la *géologie des Carpathes*, en particulier sur les régions de la Grande Tatra et des klippes piénines.

La Tatra étudiée par M. Uhlig serait formée dans son bord marginal nord par des plis poussés vers l'intérieur de la chaîne, c'est-à-dire vers le sud. M. Lugeon, en se basant sur les travaux de M. Uhlig, et en comparant la chaîne des Carpathes avec les Alpes, arrive à une conclusion contraire. Il voit dans les trois plis principaux parallèles et superposés, qui forment le front de la Tatra, des têtes anticlinales plongeantes, de grands plis couchés vers le nord. Le pli qui forme la partie interne, dite région hauttatrique, contient en particulier un noyau de granit enveloppé par le contournement d'une charnière frontale jurassique. Ainsi, dans la haute vallée de la Sucka-woda, M. Lugeon trouve une preuve péremptoire en faveur de sa manière de voir.

On sait, d'autre part, par l'exposé magistral de M. Suess, que les Carpathes débordent sur la Plate-forme russe et les Sudètes. Il y a donc une analogie complète entre les Carpathes et les Alpes.

On peut se demander alors si la célèbre zone des Klippes, dont l'origine a été très discutée, n'est pas formée

aussi par des nappes de recouvrement. Comparant cette zone avec la chaîne qui s'étend du Sentis au lac de Thoune, M. Lugeon croit trouver un certain nombre de preuves en faveur de la théorie des nappes. La zone des Klippes serait formée par les têtes anticlinales, très disloquées, remontant vers la surface, de grandes nappes de recouvrement noyées dans la zone du Flysch qui borde au nord la Tatra. Ces nappes, sans qu'on puisse l'assurer, sont peut-être en relation immédiate avec celles de la Tatra.

Un mémoire détaillé paraîtra dans le Bulletin de la Société (vol. XXXIX, mars 1903).

M. F.-A. Forel. *Sur les poussières éoliennes* du 22 février 1903. Le phénomène a présenté trois manifestations simultanées :

a) Une élévation anormale de la température aérienne constatée partout dans l'Europe centrale et occidentale. A Lausanne, cette journée du 22 février a eu une température moyenne supérieure à 10°, tandis que normalement la date de la première journée *tiède* du printemps est le 26 mars. Partout on a décrit cette journée comme ayant eu *föhnwetter*.

b) Un nuage poussiéreux, sec, de couleur jaunâtre ou rougeâtre, éteignant les rayons du soleil, desséchant, donnant l'impression d'étouffement, d'odeur soufrée d'après certains témoins, qui sont du reste formellement démentis par d'autres.

c) Une chute de poussières qui s'attachaient aux solides (aux aiguilles de sapin dans le Jura), en les salissant d'une couche boueuse qui pouvait atteindre jusqu'à demi-millimètre d'épaisseur. Cette boue est formée par une poussière minérale, très subtile, impalpable, de couleur saumon (couleur brique pilée, couleur *terra-cotta* des Italiens). Les grains mesurent de 1 à 10 ou 20 millièmes de millimètre de diamètre. Ils sont formés essentiellement de calcite et de quartz, de limonite et d'hématite, et de toutes espèces de minéraux, puis de débris organiques, de diatomées, etc. Ce ne sont pas des poussières volcaniques ; on

peut les désigner sous le nom de poussières discotiques.

Le phénomène a été observé en Suisse, entre autres : à Clarens (Bührer), à Château-d'Œx (Mlle G.), à Vallorbe (Glardon), à la Vallée de Joux (S. Aubert), à Sainte-Croix (O. Campiche, Rittener, L.-Ph. Mermod), aux Verrières (Mme F.), au Locle (A. Borel-Courvoisier), à Couvet (T. Chopard), à Travers (E. Béguin), à Boudry (X.), à Chaumont sur Neuchâtel (divers), à Evilard (Müller), à Bienne (Christen), à Courtelary (Geiser), à Mailleray, près Tavannes, à Boniswyl et à Rothrist, Argovie, à Fehraltorf, Zurich, à Heiden, à Rorschach. En dehors de la Suisse, dans toute l'Allemagne du Sud et de l'Ouest, de la Haute-Autriche et la Silésie, jusqu'au Rhin et en Hollande ; en France, à Paris (Cellérier) et au Hâvre (Wanner), dans le sud-ouest de l'Angleterre et dans le Pays de Galles. D'après la carte météorologique des 21 et 22 février, la poussière a été apportée par un vent du sud et du sud-ouest.

En résumé, c'est un sable éolien, de caractère banal, d'origine campagnarde ou désertique, de provenance probable d'Espagne, du Maroc ou du Sahara occidental.

MM. C. Dusserre et Th. Bieler. *Recherches sur le pouvoir absorbant des terres arables.* Les terres arables jouissent de la propriété de fixer, c'est-à-dire d'insolubiliser certains composants des engrais. Tel est le cas, par exemple, de l'acide phosphorique soluble dans l'eau, du superphosphate qui, incorporé au sol, y redevient insoluble au bout de peu de temps ; au contact du carbonate et de l'humate de chaux, de l'oxyde de fer et de l'alumine que la terre contient toujours en certaine abondance, cet acide phosphorique forme des combinaisons insolubles (phosphate tricalcique, phosphate de fer ou d'alumine). Il en est de même pour les sels potassiques (chlorure, sulfate ou carbonate), les sels ammoniacaux (sulfate) employés fréquemment comme engrais des terres. La potasse, l'ammoniaque prennent la place de la magnésie, de la chaux, des silicates déjà altérés que le sol renferme toujours et

deviennent insolubles; la magnésie et surtout la chaux du silicate s'unissent à l'acide du sel ajouté. Si l'on a incorporé par exemple au sol du chlorure de potassium, la potasse de celui-ci entrera donc en combinaison peu soluble avec les silicates du sol et il se formera du chlorure de calcium; ce dernier sel, nuisible à la végétation, est éliminé par les eaux de drainage.

Les nitrates, par contre, ne sont pas fixés par le sol et se trouvent à l'état dissous dans l'eau qui l'imprègne.

MM. C. Dusserre et Th. Bieler ont procédé à quelques essais de laboratoire pour déterminer à quelle profondeur pourrait atteindre de l'acide phosphorique, de la potasse sous forme soluble répandus à la surface d'un sol, cela pour des terres de natures différentes.

La terre, tamisée et bien mélangée, a été disposée par des couches séparées par des rondelles de papier à filtrer, puis arrosée avec une solution de titre déterminé de phosphate monocalcique (extrait de superphosphate) ou de chlorure de potassium; elle a été lavée ensuite par une quantité suffisante d'eau pure, pour entraîner tous les composés non fixés par le sol. Une ouverture à la partie inférieure du bocal permettait de recueillir l'eau d'écoulement. L'analyse chimique des diverses couches a permis de déterminer quelles étaient les quantités d'acide phosphorique, de potasse, insolubilisées et retenues par la terre.

Ces essais ont montré que, dans les terres ordinaires (terre argilo-sablonneuse de la molasse grise, terre argilo-calcaire, riche en oxyde de fer, de la molasse rouge de Vevey), l'acide phosphorique et la potasse ajoutés sous forme soluble ne pénétraient qu'à une faible profondeur dans le sol; ils sont absorbés et insolubilisés par la terre, en quantité d'autant plus forte que la solution est plus concentrée. La couche supérieure en a donc retenu le plus et la proportion est allée en décroissant jusqu'à la VII[e] couche, soit à une profondeur de 10-11 cm.; à partir de ce point, la solution est si étendue que la terre n'est plus à même d'en absorber; la petite quantité d'acide

phosphorique ou de potasse encore contenue se retrouve dans l'eau de drainage.

La terre tourbeuse de nos marais ne possède pas un pouvoir absorbant aussi considérable; l'acide phosphorique et la potasse solubles pénètrent à une plus grande profondeur (environ 20 cm. dans les expériences), le pouvoir absorbant de chaque couche étant moindre, par suite des faibles proportions de chaux, d'oxydes de fer et d'alumine, de silicates susceptibles d'entrer en combinaison.

L'acide phosphorique se combine surtout à l'oxyde de fer et à l'alumine, en proportion moindre avec la chaux, alors même que la terre contient une notable proportion de carbonate de chaux. Les phosphates de fer et d'alumine sont moins facilement attaquables par les dissolvants du sol que le phosphate de chaux.

Ces essais confirment le fait que les fertilisants solubles comme l'acide phosphorique, la potasse, l'ammoniaque, répandus simplement à la surface du sol, ne sont entraînés par l'eau de pluie qu'à une faible profondeur; la terre s'en empare, les transforme en peu de temps en composés insolubles et les retient donc à la surface. Si l'on veut incorporer ces fertilisants à toute la couche arable, il faut les mélanger et les enfouir par le labour. Cela du moins pour les terres de composition normale.

Ayant eu à examiner un hybride d'*Amygdalus communis et persica* de provenance valaisanne, M. P. Perriraz a pu constater les caractères suivants :

La nervure principale foliaire est rouge comme dans le pêcher; la feuille, un peu plus allongée, présente sur ses bords des dents dont les sinus sont plus accentués et pourvus des caractères des deux espèces précitées. Le noyau, au lieu de posséder les sinuosités caractéristiques de l'*Amygdalus persica*, ne se trouvait sillonné que par des fissures peu profondes.

Au point de vue anatomique, cet hybride présente les caractères intermédiaires des deux espèces-mères. C'est

ainsi que le tissu fibro-vasculaire du pétiole tient le milieu quant au nombre et à la grosseur des faisceaux. La cuticule épidermique offre une forme de passage dans le bombement des cellules. Serait-ce peut-être un fait à l'appui des nouvelles théories? C'est ce que des expériences et recherches futures montreront.

Dans différentes excursions botaniques, M. Perriraz a recueilli des monstruosités quelque peu intéressantes. A part des fasciations de *Prunus spinosa* L., *Cheiranthus Cheirii* L., *Brunella grandiflora* Jacq., *Stachys annua* L., se trouvent assez fréquemment des diaphyses de *Daucus Carotta* L. Chez les graminées, l'auteur a pu constater un développement anormal de l'axe floral, qui devient axe principal et porte des fleurs complètes en nombre plus ou moins grand; cela s'est trouvé chez l'*Anthoxanthum odoratum* L., *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* Gaud. Un *Dactylis glomerata* L. possédait une transformation complète de l'arrangement de la panicule qui, au lieu d'être lobée et unilatérale, était quelconque, de nombreux épillets formaient une variété vivipara. Les variétés vivipara s'observent assez souvent chez les *Trifolium repens* L., *Plantago lanceolata* L., dans la Suisse occidentale. Quelquefois aussi, on a ramification de la hampe à une certaine distance du sommet, par exemple chez *Reseda luteola* L.. *Listera ovata* R. Br,, *Tofieldia glacialis* Gaud., *Plantago major* L.

Plusieurs de ces cas tératologiques étaient dus à des formations spongiques.

Parmi les cryptogames, l'*Aspidium Filix* Mas. Sw. a été recueilli dans sa variété *Cristatum*, et l'*Asplenium septentrionale* Hoff., au lieu de posséder des feuilles à deux ou quatre divisions linéaires et incisées au sommet, montrait des segments irréguliers en nombre variable et souvent non sporifères.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 19 mars 1903.

H. Dufour. Absorption atmosphérique exceptionnelle de la radiation solaire. — **J. Briquet.** Du genre Sempervivum.

M. le Prof. Raoul GAUTIER communique la note suivante au nom de M. le Prof. Henri DUFOUR :

Les observations de l'intensité du rayonnement solaire pendant les premiers mois de 1903 montrent une diminution sensible de la valeur thermique de la radiation solaire. Les mesures ont été faites au moyen de l'actinomètre de M. Crova, par les mêmes observateurs et dans les mêmes conditions que celles que nous poursuivons depuis 1896, c'est-à-dire à Clarens par M. Bührer et à Lausanne par moi-même, entre 11 h. et 1 h. temps vrai. On constate ordinairement dans la seconde partie de l'hiver et au printemps un accroissement notable de l'intensité de la radiation qui a son minimum en décembre, c'est ce que montre le tableau suivant, qui n'indique que le rayonnement de l'hiver, d'octobre à mars :

Mois	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903
Oct.	0.89	0.82	0.83	0.89	0.88	—	0.84	—
Nov.	0.88	0.78	0.76	0.83	0.82	—	0.85	—
Déc.	0.80	0.79	0.82	—	0.72	0.75	*0.64*	—
Janv.		0,82	0.74	0.79	0.79	0.84	0.76	*0.68*
Fév.		0.88	0.87	0.87	0.82	0.84	0.86	*0.71*
Mars		0.92	0.87	0.89	0.90	0.94	0.86	*0.70*

Ces chiffres expriment des calories gramme degré minute par centimètre carré. On voit que l'accroissement habituel qui se produit en janvier, février et mars est à peine sensible cette année et très inférieur à celui des années précédentes. A partir de décembre, l'insolation est exceptionnellement faible, ce fait résulte encore mieux de la comparaison des moyennes des années précédentes avec les chiffres de cette année :

	Moyennes		
	1895-1902	1902-1903	Différence
Déc.	0.78	0.64	0.14
Janv.	0,79	0.68	0.11
Fév.	0.86	0.71	0.15
Mars	0.89	0.70	0.19

Les observations de décembre sont trop peu nombreuses pour que seules elles permettent de conclure à un fait général, mais l'ensemble des observations des trois mois et demi ne paraît pas laisser de doute sur le fait d'une absorption particulièrement forte de la radiation solaire. Faut-il en chercher la cause dans la présence de poussières flottant dans l'air et projetées dans l'atmosphère par les éruptions violentes et répétées de la Montagne Pelée à la Martinique? On sait que plusieurs météorologistes ont cherché dans ce fait l'explication des colorations particulièrement belles observées cet hiver à plusieurs reprises dans les pays les plus divers et qui se sont succédées depuis le mois d'octobre 1902. Ces colorations rappelant par plusieurs caractères celles de l'hiver 1883-84 qui ont succédé, après plusieurs mois, à l'éruption du Krakatoa, dans le détroit de la Sonde, on leur a naturellement attribué une origine analogue. Avant de conclure, il faudrait savoir si cette diminution de l'intensité du rayonnement solaire a été observée ailleurs, ou si d'autres phénomènes permettent de diagnostiquer une opacité anormale de l'atmosphère. Les observatoires astronomiques pourront peut-être indiquer si une diminution de visibilité de certaines étoiles a été observée cette année comme en 1883, il sera

intéressant de suivre dans ce cas la diminution de l'opacité observée qui pourra être également constatée par les observations actinométriques.

M. J. Briquet communique à la Société le résultat de ses recherches microscopiques sur les différentes formes de poils et de glandes des Joubarbes *(Sempervivum)*. Ces organes, qui n'ont été décrits que superficiellement jusqu'à présent, fournissent d'excellents caractères pour distinguer entre eux les principaux groupes de ce genre critique. Les recherches de M. Briquet feront l'objet d'un mémoire publié prochainement dans le *Bulletin de l'Herbier Boissier*.

Séance du 2 avril.

B.-P.-G. Hochreutiner. Plante toxiqne du Sud-Oranais. — L. Duparc. Granit porphire de Troïtsk. Action des sels alcalins sur les carbonates. — K. Birkeland. Sur l'aurore boréale.

Sur une plante toxique du Sud-Oranais. — Lorsque j'étais à Aïn Sefra, on m'avait souvent parlé d'une plante croissant sur les rochers de Mograr et appelée par les Arabes « Oum-Hallons ». Ce végétal était fort redouté des indigènes parce qu'il empoisonne les chameaux. Je pus enfin m'en procurer quelques exemplaires par l'intermédiaire du capitaine Dessigny, chef du bureau arabe d'Aïn-Sefra. C'est un *Composée* du groupe des *Inulinées* et appartenant au genre *Perralderia*.

On connaissait déjà deux espèces de ce genre ; l'une le *P. coronopifolia* habite le S. E. de l'Algérie, et diffère complètement de la plante dont nous parlons, l'autre le *P. purpurasien*, au contraire, lui ressemble, et habite le Maroc méridional [1].

[1] Il lui ressemble intérieurement au point que la plante de Bonnet et Maury de Mograr, citée par Rattaudier sous le nom de *P. purpurascens* est très probablement notre espèce. Il faudrait voir le spécimen de Bonnet pour l'affirmer.

Nous n'avons aucun renseignement au sujet de la toxicité de deux espèces précitées, mais il est un fait évident c'est que toutes trois sont des plantes aromatiques et répandant une odeur assez forte. Le *Perralderia* de Mograr que nous avons dédié au Cap. Dessigny diffère cependant du *Perralderia* du Maroc par des caractères très importants et qui en font une espèce spéciale bien différente des deux autres et non un terme de passage comme la position géographique pourrait le faire croire. Les caractères sont à part le port qui ressemble à celui du *Perralderia purpurascens*, — l'indument des bractées involucrales, cilié dans un cas et glanduleux dans l'autre et l'indument des tiges très fourni dans un cas, très rare dans l'autre.

Il nous a paru intéressant d'appeler l'attention de la société sur cette plante nouvelle, à cause de ses propriétés toxiques. Elle doit renfermer probablement un alcaloïde très actif mais d'une nature spéciale puisqu'il empoisonne facilement le chameau, tandis qu'il parait être sans effet sur les autres herbivores. Ce dernier renseignement donné sous toutes réserves, car je le tiens des indigènes, et je n'ai pas fait d'expérience à ce sujet.

Cette plante était très connue dans la région, et y croissait en abondance ; je crois donc qu'un chimiste ou un toxicologiste qui s'y intéresserait pourrait facilement s'en procurer.

M. le professeur Duparc communique les résultats des recherches pétrographiques effectuées par lui sur le granit-porphyre de Troitsk et ses contacts. L'auteur dans une note précédente, a montré que ce granit considéré comme dévonien par les géologues russes, ne l'était pas en réalité, mais était plus ancien, et que par conséquent le minerai de fer, développé dans des schistes d'âge indéterminé par l'intrusion de ce granit, était lui-même anté-dévonien.

Le *granit-porphyre de Troïtsk* présente toutes les variétés possibles entre un granit à grain fin, pauvre en quartz, et un granit-porphyre nettement à deux temps, avec phénocristaux de grande dimension et une pâte aphanitique à

structure microgranitique, toujours entièrement cristalline.

Les minéraux constitutifs en sont : l'apatite, le zircon, le sphène, la magnétite toujours exceptionnellement abondante, le mica noir plutôt rare et complètement chloritisé les oligoclases acides, l'Orthose à filonnets d'albite et l'Anorthose, puis le quartz. L'Orthose présente certaines variétés curieuses, dont la bissectrice est nettement n_g, fait observé déjà antérieurement par l'auteur sur des orthoses provenant d'autres roches. La structure est toujours franchement granitique, le quartz rare, moule les autres éléments souvent bordés d'une auréole de micropegmatite. Le passage aux variétés porphyriques se fait par des types chez lesquels les cristaux diminuent de taille, tandis que par contre certains d'entre eux s'exagèrent et passent au rang de phénocristaux. Ces roches renferment de 55 à 65 % de silice et sont relativement riches en oxydes de fer (de 3 à 5 %). Les alcalis y oscillent entre 7 à 10 % ; la potasse y prédomine légèrement sur la soude, ou vice versa.

Les *Hornfels*, qui entrent en contact avec le granit sont assez variés. En principe, ce sont des cornéennes formées par des lamelles microscopiques d'un élément micacé moins biréfringent que le mica noir, et agrégées en tissus serré. Plus la roche est métamorphosée, plus les lamelles grandissent, deviennent colorées, polychroïques et biréfringentes. En même temps on y rencontre parfois de gros cristaux de tourmaline, des feldspaths isolés, voire même du quartz. La calcite peut être très abondante dans certaines de ces cornéennes ; elles sont alors plus compactes, moins schisteuses, et ont même sur le terrain un aspect un peu différent des précédentes.

Les passages des cornéennes compactes et schisteuses aux variétés micacées avec développement de grands lamelles de biotite sont nombreux et variés, la roche peut alors devenir extrêmement cristalline de par ce fait.

Les contacts des cornéennes avec le granit sont intéressants. Il y en a deux espèces ; l'un se fait par imprégnation, l'autre par empâtement. Le premier cas s'observe principalement lorsque le granit-porphyre touche des ro-

ches très riches en calcite. Il se forme alors des variétés très dures et compactes, constituées par l'association de la calcite, du quartz en petits grains, de petits cristaux d'albite et d'éléments ferrugineux; le tout réuni à quelques lamelles de mica noir. Le second cas se présente au contact du granit-porphyre avec les variétés schisteuses. La roche se transforme alors en un agrégat de grandes et larges lamelles de biotite, dont le centre est très coloré polychroïque et biréfringent, tandis que la périphérie est incolore et moins biréfringente; ces lamelles sont reliées par des plages localisées d'orthose qui les empâte fréquemment. Les variétés les plus feldspathiques se trouvent au contact immédiat; à quelques mètres de celui-ci, les feldspaths deviennent rares, puis disparaissent complètement pour faire place à des variétés purement micacées à larges lamelles, qui passent par transition aux hornfels plus compacts et micro-cristallins.

La plupart de ces hornfels renferment de nombreux cristaux et agrégats cristallins de magnétite, et il est aisé de suivre le passage graduel du hornfels au minerai. Ce dernier est formé par des cristaux agrégés en plages qui se touchent directement en isolant entre elles des cryptes occupées soit par du mica, soit par du quartz.

Les hornfels sont traversés par des filons d'une roche aplitique qui présente la compostition minéralogique du granit, mais est beaucoup plus acide (9 % de silice).

M. le prof. L. Duparc a fait entreprendre à plusieurs de ses élèves une série de recherches sur l'*action des solutions des sels alcalins et alcalino-terreux sur les carbonates, phosphates, sulfates et chlorures insolubles*. Il communique dans une note préliminaire les premiers résultats obtenus avec M. Goguélia, en faisant agir les chlorures alcalins en solution, sur les carbonates insolubles de la formule RCO_3.

Les solutions employées varient de $1/2$ % à la saturation leur action a été étudiée au triple point de vue de la concentration, du temps et de la température.

A froid, soit à la température ordinaire, les carbonates en question sont très peu attaqués par des solutions à 10 %, 20 % et saturés de NaCl et KCl, ils le sont d'une façon notable par les solutions de NH_4Cl de concentration correspondante.

A chaud, il en est tout différemment et la solubilité de $BaCO_3$ $SrCO_3$ $CaCO_3$ etc. par double décomposition suivie d'un équilibre chimique devient relativement considérable. Cette solubilité varie d'un carbonate à l'autre, mais reste constante pour un même carbonate, lorsqu'on fait agir la solution pendant des temps égaux.

Le facteur temps paraît agir lui-même très différemment selon qu'il s'agit de NaCl ou KCl; avec le premier état l'équilibre paraît être atteint beaucoup plus rapidement qu'avec le second. Nous donnerons ici à titre d'exemple, quelques résultats obtenus pour $BaCO_3$ avec des solutions de KCl et NaCl.

Solution	10 % NaCl	= 0,305	$BaCO_3$	solubilité en	7 h.
»	»	= 0,331	»	»	22 h.
Solution	NaCl poids moléculaire	= 0,244	$BaCO_3$	solubilité en	7 h.
»	NaCl 20 %	= 0,341	»	»	7 h.
»	NaCl saturée	= 0,352	»	»	7 h.
»	20 % KCl	= 0,531	»	»	7 h.
»	saturée	= 0,26	»	»	7 h.
»	poids moléc.	= 0,35	»	»	7 h.
»	»	= 0,440	»	»	22 h.
»	10 % de KCl	= 0,42	»	»	7 h.
»	»	= 0,449	»	»	22 h.
»	»	= 0,56	»	»	44 h.
»	»	= 0,64	»	»	88 h.

Lorsqu'on fait réagir des solutions de NH_4Cl sur $BaCO_3$, celui-ci se dissout rapidement, avec dégagement de NH_3, puis de carbonate d'ammoniaque qui cristallise dans le réfrigérant et au bout d'un certain temps la solution ne renferme plus que du chlorure de Baryum. Les carbonates de calcium et strontium semblent se comporter de même,

mais les temps nécessaires pour effectuer la réaction à concentration égale sont différents [1].

Cette note n'est qu'une communication préliminaire, les expériences se continuent et les résultats seront publiés ultérieurement.

M. Kr. Birkeland, membre honoraire de la Société, expose ses vues sur la *théorie de l'aurore boréale*. Ce travail paraîtra plus tard *in extenso* dans les *Archives*.

Séance du 16 avril.

A. Pictet. Dédoublement de la nicotine inactive.

M. le professeur Amé Pictet rend compte de recherches qu'il a faites en collaboration avec M. le Dr Arnold Rotschy sur *la nicotine inactive et son dédoublement*. Lorsqu'on chauffe, en vase clos, à une température voisine de 200°, la solution aqueuse d'un sel de nicotine (de préférence le sulfate), le pouvoir rotatoire de celle-ci diminue progressivement et finit, au bout de 40 heures environ de chauffe, par devenir nul. La solution renferme alors la *nicotine inactive* (combinaison ou mélange équimoléculaire des deux modifications lévogyre et dextrogyre), que l'on peut mettre en liberté par addition d'alcali. Les propriétés de la nouvelle base sont absolument identiques à celles de la nicotine naturelle, à l'exception, bien entendu, du pouvoir rotatoire.

Pour en retirer les deux modifications optiquement actives, MM. Pictet et Rotschy se sont adressés à la méthode déjà plusieurs fois utilisée avec succès pour le dédouble-

[1] L'action du facteur temps est très remarquable; ainsi, avec une solution 10 % de KCl, à l'instant même où commence l'ébullition il s'est déjà solubilisé 0,343 de $BaCO_3$, tandis qu'après 88 heures, où l'état d'équilibre n'est pas encore atteint, il s'est solubilisé 0,64 de $BaCO_3$ seulement. Cette rapidité de la solubilisation à l'origine est remarquable.

ment d'alcaloïdes racémiques, c'est-à-dire à la combinaison de la base avec un acide actif, suivie de la cristallisation fractionnée du mélange des sels ainsi obtenus; mais ils ont rencontré, dans le cas particulier, une difficulté spéciale dans le fait que la plupart des sels de nicotine sont incristallisables. Toute une série d'acides actifs (quinique, tétracétylquinique, camphorique, bromo-camphresulfonique, etc) ne leur ont fourni que des sels sirupeux et par conséquent inutilisables.

Seul l'acide tartrique a permis d'arriver à un résultat positif. Lorsqu'on fait agir cet acide sur la nicotine inactive, dans la proportion de 2 mol. du premier pour une de la seconde, il se forme un mélange de tartrates bien cristallisés, de la formule $C_{10}H_{14}N_2 . 2\ C_4H_6O_6 . 2\ H_2O$. Par cristallisation fractionnée de ce produit dans un mélange d'alcool et d'éther, les auteurs ont pu isoler un sel moins soluble, possédant le pouvoir rotatoire de + 21°,7, et un sel plus soluble, possédant celui de + 12°,9. Décomposé par un alcali, le premier sel a fourni une base lévogyre (— 36°, 8) et le second une base dextrogyre (+ 10°, 25).

Les trois modifications optiques de la nicotine, prévues par la théorie, ont ainsi été préparées, et obtenues par synthèse complète à partir des éléments.

Séance du 7 mai.

P.-A. Guye. Fonctionnement des électrolyseurs à diaphragmes. — L. Duparc et J. Barth. Dosage colorimétrique du fer dans le sang.

M. P.-A. Guye communique un travail sur la théorie du *fonctionnement des électrolyseurs à diaphragmes* et son application à l'électrolyse du chlorure de sodium ; il signale les résultats d'expériences industrielles qui viennent confirmer d'une façon très satisfaisante les conclusions pratiques qui se déduisent de cette théorie.

M. J. Barth présente les premiers résultats d'un travail entrepris sous la direction de M. le professeur Duparc,

sur le dosage colorimétrique du fer et les méthodes colorimétriques en général.

Jusqu'à présent le travail a porté sur la critique de l'appareil de Jolles, employé à l'Hôpital de Genève, pour doser cliniquement le fer dans le sang. Cet appareil est basé sur ce principe : les concentrations de deux couches colorées sont en raison inverse des épaisseurs sous lesquelles on les observe. — Il est composé, en résumé, de deux petits tubes, dans lesquels on réfléchit de la lumière ; l'un est destiné à recevoir une solution dont l'épaisseur ne variera pas ; dans l'autre, au contraire, qui est muni d'un robinet l'épaisseur de la couche peut diminuer à volonté.

De nombreuses expérience ont permis de constater que ce principe était faux et que avec la solution colorée de sulfocyanate de fer, par exemple, 1° la hauteur de la colonne variable était toujours moindre que ne l'indique le principe, 2° l'erreur augmente avec la différence de hauteur des deux couches.

Ainsi, quand, d'après le principe, on devrait trouver 12, nous trouvons 11 56 pour 9, on trouve 8,12 pour 6, on a 5,19 et enfin pour 3 on trouve 2,07.

Ces résultats se sont trouvés être d'accord avec ceux obtenus par M. Riban, lorsqu'il critiqua la méthode de M. Lapicque et le colorimètre de Duboscq.

Mais, tandis que M. Riban attribue ces erreurs à la dissociation, nous pensons arriver à démontrer qu'elles proviennent de l'absorption. En effet,en opérant avec une solution colorée de salicylate de fer, on obtient également des résultats différents de ceux que l'on devrait avoir en appliquant le principe de la proportionnalité ; mais l'erreur, cette fois, va en sens inverse de celle trouvée avec le sulfocyanate.

Pour cela, nous basant sur le fait que les erreurs étaient dues sans doute aux hauteurs différentes du liquide dans les deux tubes, nous avons fait construire un appareil basé sur ce principe : regarder les deux couches de liquide sous une même épaisseur et faire varier l'intensité de coloration en concentrant plus ou moins le liquide.

Une cuve en laiton noirci est divisée en deux parties par une cloison également en laiton noirci ; les deux extrémités sont fermées par des lamelles de verre, maintenues par des lames métalliques, qui sont elles-mêmes fixées par des tiges à vis ; dans les lames métalliques sont ménagées deux petites fenêtres ; le tout est enfermé dans une boite noircie intérieurement et percée également de deux petites ouvertures.

On a donc ainsi deux cuves de 10 mm. de largeur et de 100 mm. de longueur : dans l'une on met la solution type ; dans l'autre la solution à analyser ; puis on ajoute de l'eau dans la solution type, jusqu'à ce que les colorations vues à travers les deux cuves soient identiques.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

OSSIAN ASCHAN. DIE KONSTITUTION DES KAMPHERS UND SEINER WICHTIGSTEN DERIVATE. Brunswick, F. Vieweg et fils.

Les monographies sur des sujets de chimie organique sont toujours les bienvenues ; elles permettent seules à celui qui veut se tenir au courant des progrès accomplis dans cette branche de la science, d'acquérir une vue d'ensemble sur les chapitres qui ne font pas l'objet de son étude spéciale.

Celle que nous présente aujourd'hui M. Aschan sera particulièrement utile. Elle résume les travaux extrêmement nombreux qui ont été faits ces dernières années sur le camphre. Peu de questions ont été plus discutées que celle de la constitution de ce corps, et il n'est point facile de s'orienter au milieu de toutes les recherches expérimentales et de toutes les considérations théoriques qu'elle a fait naître. Aussi l'exposé de M. Aschan, qui est clair et complet tout en restant dans les limites d'une brochure d'une centaine de pages, recevra-t-il certainement le meilleur accueil de tous ceux qui s'occupent de chimie organique théorique.

Revue des travaux faits en Suisse.

FR. HUPFER. L'INFLUENCE DE L'ACIDE QUINIQUE SUR LA FORMATION DES ACIDES URIQUE ET HIPPURIQUE. (*Zeitschrift für physiologische Chemie*, **37**, 302. Bâle).

Suivant une théorie qui remonte à Wœhler, la production des acides urique et hippurique suivrait dans l'orga-

nisme une marche parallèle, de sorte que ces deux acides pourraient se remplacer réciproquement. MM. Weiss, Blumenthal et Lewin ayant cru trouver dans l'acide quinique une substance qui favorise la formation de l'acide hippurique aux dépens de celle de l'acide urique, ont fondé sur cette supposition une méthode nouvelle de traitement de la goutte. M. Hupfer montre par de nombreuses expériences qu'il n'existe en réalité aucun antagonisme entre les acides urique et hippurique, ce qui enlève toute valeur thérapeutique à l'emploi de l'acide quinique.

H. Decker et H. Engler. Sur quelques composés de l'ammonium (*Berichte*, **36**, 1169. Genève).

Préparation de nouvelles quinolones, d'après la méthode de M. Decker, qui consiste à oxyder les iodométhylates des quinolines par le ferricyanure de potassium en solution alcaline.

La 6-aminométhylquinolone forme des cristaux fusibles à 165°, volatils avec l'eau et doués de propriétés basiques.

La 6-éthoxyméthylquinolone fond à 116° et ressemble beaucoup à la précédente.

La 6-oxyméthylquinolone contient une molécule d'eau de cristallisation ; elle fond après dessiccation à 228° et se dissout facilement en jaune dans les alcalis.

La 6-méthoxyéthylquinolone constitue une huile jaune clair.

La 8-oxyméthylquinolone sublime en paillettes blanches, fusibles à 286°.

C. Rüst. Détermination du titre des solutions de permanganate au moyen des oxalates (*Zeitschrift für anal. Chemie*. **41**. 606. Genève).

L'auteur recommande l'oxalate de manganèse comme substance propre à déterminer ce titre. On le prépare en

traitant le carbonate de manganèse par une solution aqueuse bouillante d'acide oxalique. On le lave à l'eau, d'abord par décantation, puis après filtration à la trompe. Séché à l'air ou sur l'acide sulfurique, il a la composition $MnC_2O_4 + 2H_2O$, est très stable et n'attire pas l'humidité de l'air.

K. Dziewonski. Synthèse d'un nouvel hydrocarbure aromatique, le trinaphtylène-benzène ou décacyclène. (*Bulletin de la Soc. chimique* **29**. 374. Fribourg).

En chauffant l'acénaphtène avec du soufre à la température de 205°, on obtient un hydrocarbure de la formule $C_{36}H_{18}$ et un composé sulfuré de la formule $C_{24}H_{12}S$. L'auteur regarde le premier de ces corps comme un produit de la condensation de trois molécules d'acénaphtène, avec départ des quatre atomes d'hydrogène des groupes CH_2. Ce produit renferme 10 chaînes fermées, d'où le nom de décacyclène qu'il lui donne.

F. Ullmann et A. Münzhuber. Sur la préparation du tétraphénylméthane (*Berichte*, **36**. 404. Genève).

Par condensation du triphénylcarbinol avec l'aniline il se forme l'aminotétraphénylméthane (paillettes fusibles à 256°). En diazotant celui-ci et en faisant bouillir avec de l'alcool, on obtient le tétraphénylméthane. Ce dernier cristallise en longues aiguilles; il fond à 282° et distille sans décomposition à 431°.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1903

Le 1er, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir; neige sur le Salève.
2, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
4, orage de 4 h. 30 m. à 6 h. 15 m.; forte averse, grésil et quelques grêlons; pluie à 9 h. du soir; forte grêle sur le coteau de Pregny-Chambésy.
5, très fort vent le matin; forte averse à 4 h. 15 m.; arc-en-ciel; halo lunaire.
6, forte rosée le matin; éclairs au NNW. à 8 h. 30 m.
7, pluie dans la nuit; halo solaire à 1 h. 30 m.
8, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin, et quelques averses dans l'après-midi.
9, très forte rosée le matin; orage à 3 h. et à 3 h. 50 m.; pluie et grêle; pluie et fort vent à 9 h. du soir.
10, pluie dans la nuit et à 9 h. du soir; orage à 6 h. 50 m. du soir.
11, pluie dans la nuit; nouvelle neige sur le Môle et le Jura; halo solaire à 3 h.
12, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin et à 1 h. du soir.
13, forte rosée le matin.
14, très forte rosée le matin.
15, forte rosée le matin; pluie à 2 h. 30 m. et à 4 h. du soir.
16, pluie dans la nuit,
17, très fort vent de 1 h. à 7 h. du soir; pluie de 4 h. à 9 h. du soir.
18, pluie dans la nuit; nouvelle neige sur le Jura et le Môle; halo solaire à 2 h. 30 m.
19, rosée le matin.
21, forte rosée le matin.
24. forte rosée le matin.
26, forte rosée le matin; forte bise à 4 h. du soir; éclairs dans la soirée; la dernière tache de neige a disparu sur le Salève.
27, orage à 4 h. 30 m.; pluie depuis 7 h. du soir.
28, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
29, forte rosée le matin; pluie à 6 h. et à 9 h, du soir; éclairs au NNE. dans la soirée.
30, forte bise à 4 h. et très fort vent à 10 h. du soir; éclairs au SW. dans la soirée.
31, pluie dans la nuit, à 7 h et à 10 h. du soir; orage à minuit; éclairs dans la soirée.



GENÈVE — MAI 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	20.4	21.0	22.1	20.63	− 4.32	18.7	22.2	NNW. 1	N. 1	S. 0	N. 1	7.3	10	10	10	10	....	7.7	7
2	22.3	21.2	20.4	21.27	− 3.71	20.0	22.3	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	N. 1	9.4	10	10	7	8	0.3	1.6	1
3	18.7	17.2	15.0	17.42	− 7.60	14.9	20.5	NW. 1	NNE. 1	S. 0	NNE 1	4 6	0	1	1	4	8.9	1.8	2
4	13.0	11.4	12.2	**12.26**	**−12.80**	**10.1**	14.5	S 0	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	2 1	10	6	10	8	4.3	12.0	2
5	16.2	18.1	19.2	16.83	− 8.27	13.0	29.5	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	10.4	3	7	1	6	6.3	2.4	1
6	19.7	18.9	22.1	20.02	− 5.12	18.5	22.2	SW. 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	10.4	2	7	10	5	10.4	5.3	2
7	24.9	23.5	21.9	23.17	− 2.01	21.7	24.9	N. 1	N. 1	W. 0	N. 1	8.3	7	6	10	8	4.5	7.2	7
8	20.2	19.7	22.4	20.79	− 4.43	19.7	23.5	SW. 1	S. 0	NW. 1	SSW. 1	7.3	10	10	5	9	....	5.3	3
9	23.3	20.4	23.7	22.31	− 2.95	19.7	23.7	S. 0	N. 1	SSW. 2	var.	6.3	0	5	10	6	7.3	7.2	6
10	22.9	22.6	24.3	22.82	− 2.49	21.7	24.3	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	var.	9.2	10	6	10	8	7.8	3.0	2
11	23.6	23.0	22 9	23.02	− 2.33	21.0	23.8	SE. 0	WSW. 1	W. 1	SSW. 1	9.2	4	3	10	7	8.2	2.2	3
12	21.4	21.8	22.7	22.13	− 3.26	21.4	23.4	SW. 0	SSW. 1	SW. 0	var.	7.3	10	10	7	8	1.4	0.9	1
13	23.5	23.7	25.8	23.99	− 1.45	23.0	26.5	N. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	7.3	1	4	0	4	10.0	....	....
14	29.8	30.7	32.6	30.17	+ 4.69	27.0	32.7	S. 0	N. 1	E. 0	NNE. 1	7.3	0	1	1	1	11.9	....	....
15	33.7	32.6	33.6	33.25	+ 7.72	32.4	33.7	S. 0	N. 1	W. 0	var.	4.2	0	7	10	7	6.9	0.9	1
16	34.9	33.1	32.0	**33.36**	**+ 7.79**	31.6	**34.9**	S. 0	N. 1	E. 0	N. 1	4.8	2	**2**	10	5	7.9	....	....
17	29.7	26.9	26.8	28.34	+ 2.72	26.7	31.2	SSW. 1	SSW. 3	SSW. 1	SSW. 2	**16.1**	10	10	10	10	....	4.6	3
18	28.7	27.8	27.0	27.69	+ 2.03	26.3	28.8	SW. 1	SSW. 1	N. 1	var.	7.3	1	1	0	1	11.2	....	....
19	26.9	25.4	25.1	25.85	+ 0.14	24.1	27.0	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	7.3	1	0	0	2	11.3	....	....
20	26.9	26.6	28.9	26.95	+ 1.20	25.9	29.6	N. 1	N. 1	S. 0	N. 1	5.0	1	1	0	1	11 6	....	....
21	31.8	31.7	32.5	31.67	+ 5.87	30 2	33.0	N. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.2	0	0	0	0	**12.5**	....	....
22	34.3	33.5	32.4	32.98	+ 7.14	31.1	34 3	N. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.0	0	0	0	0	11.4	....	....
23	33.4	31.8	31.1	32.09	+ 6.20	30.6	33.5	S. 0	N. 1	SSW. 1	N. 1	3.6	0	0	0	0	11.9	....	....
24	31.1	30.8	29.2	30.24	+ 4.31	28.9	31.1	S. 0	NNE. 1	N. 0	N. 1	5.2	0	0	0	0	12.1	....	....
25	29.8	28.3	27.7	28.53	+ 2 55	27.3	29.8	E. 0	N. 1	E. 0	N. 1	2.1	0	0	1	2	9.7	....	....
26	27.0	25.1	23.6	25.53	− 0.49	23.4	27.5	N. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	10.4	1	3	1	3	11.2	....	....
27	23.3	22.1	23.7	23.04	− 3.03	21.8	23.8	N. 1	N. 1	SW. 1	NNE. 1	6.7	6	5	10	7	8.1	**13.1**	**15**
28	24.4	24.0	23.8	23.76	− 2.35	23.0	24.5	N. 0	NNE. 1	SW. 1	NNE. 1	5.2	10	6	9	8	6.6	0.5	....
29	23.5	21.7	21.6	22.27	− 3.89	20.4	23.6	N. 1	N. 1	NNW. 1	var.	4.2	1	8	10	6	9.6	0.2	1
30	21.5	20.4	19.8	20.80	− 5.40	19.0	21.6	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	6.3	5	4	2	6	7.1	3.0	2
31	21.1	20.0	21.7	20.90	− 5.35	19.0	21.7	N. 1	NNE. 1	SSW. 1	var.	3.1	8	3	10	7	8.5	2.7	3
Mois	25.23	24.36	21.76	21.65	− 0.59							6.65	3.0	4.4	5.3	5.1	238.9	81.6	62

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Temper. du Rhône Midi	Temper. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 4.8	+ 7.4	+ 7.2	+ 6.95	− 4.11	+ 4.6	+10.0	90	72	87	80	+11	68	94	7.4	− 2.7	1050
2	6.0	8.4	8.0	7.82	− 3.39	5.8	11.0	100	77	85	85	+16	71	100	7.6	− 2.6	1058
3	7.0	12.6	11.0	9.29	− 2.06	3.3	15.3	85	60	76	76	+ 6	60	95	....	.....	1065
4	10.4	17.9	11.0	11.86	+ 0.37	8.5	19.7	93	51	87	78	+ 9	51	93	9.1	− 1.3	1125
5	11.0	15.4	11.4	12.41	+ 0.77	8.5	17.7	64	43	67	58	−12	43	78	9.3	− 1.2	1065
6	9.2	19.4	12.8	12.78	+ 1.00	5.8	20.6	80	25	63	66	− 4	25	95	10.1	− 0.6	1123
7	8.6	13.4	11.4	10.37	− 1.56	7.5	14.8	77	56	82	71	+ 1	56	82	9.0	− 1.8	1145
8	9.2	12.8	8.5	10.30	− 1.77	7.2	13.8	95	71	82	84	+14	69	98	8.8	− 2.1	1187
9	9.0	13.0	8.2	9.86	− 2.35	5.0	16.5	79	67	76	79	+ 9	58	90	9.0	− 2.0	1195
10	7.0	16.2	8.6	10.48	− 1.88	4.0	17.4	85	38	89	69	− 1	37	95	....	.....	1230
11	8.6	16.6	11.2	11.87	− 0.63	6.9	18.2	81	36	60	59	−11	29	81	8.9	− 2.3	1185
12	8.6	9.2	8.4	9.15	− 3.49	5.2	12.0	86	74	81	80	+10	69	92	8.8	− 2.6	1205
13	7.3	13.4	10.4	9.59	− 3.19	3.3	15.2	84	40	66	70	0	40	95	9.0	− 2.5	1225
14	8.6	15.1	11.6	11.15	− 1.77	3.9	17.1	74	42	55	60	−10	31	94	8.3	− 3.3	1225
15	8.8	15.2	12.0	10.87	− 2.20	4.9	17.5	78	49	75	70	0	49	88	8.2	− 3.5	1230
16	9.8	16.1	13.1	12.71	− 0.50	6.8	18.2	84	33	57	66	− 4	33	95	9.1	− 2.7	1227
17	12.4	16.3	10.0	12.38	− 0.97	9.1	17.1	55	46	82	60	−10	41	81	....	.....	1205
18	9.4	15.1	10.0	11.81	− 1.68	7.5	16.8	64	30	65	54	−16	30	67	9.7	− 2.4	1200
19	7.6	13.3	11.4	10.18	− 3.44	3.9	16.0	78	43	63	68	− 7	36	95	9.9	− 2.3	1225
20	8.8	16.0	13.0	11.95	− 1.81	5.6	19.3	64	43	67	63	− 7	43	92	10.2	− 2.1	1245
21	11.8	18.6	16.0	14.86	+ 0.96	7.5	22.3	75	40	61	57	−13	40	90	....	.....	1220
22	13.8	19.3	17.4	15.97	+ 1.94	9.0	22.1	74	39	66	63	− 7	39	93	12.3	− 0.2	1232
23	14.8	23.4	19.5	18.31	+ 4.14	10.7	26.8	75	38	59	61	− 9	32	89	13.0	+ 0.4	1247
24	15.7	23.2	18.4	17.86	+ 3.56	11.1	24.3	74	40	66	63	− 7	40	80	....	.....	1285
25	16.7	22.6	19.2	18.86	+ 4.42	12.0	26.2	70	49	85	67	− 3	38	90	15.7	+ 2.8	1315
26	15.4	20.0	16.6	17.14	+ 2.57	13.0	21.2	80	51	53	63	− 7	48	87	15.9	+ 2.9	1340
27	13.4	18.4	12.8	14.80	+ 0.10	11.4	19.7	71	60	95	71	+ 1	55	93	15.8	+ 2.7	1352
28	12.6	17.0	17.3	15.70	+ 0.87	12.2	21.0	97	64	70	78	+ 8	55	98	15.6	+ 2.4	1352
29	15.0	23.0	18.0	17.73	+ 2.77	11.2	24.8	83	51	75	70	0	45	90	16.4	+ 3.0	1353
30	17.6	22.0	19.0	18.49	+ 3.40	13.5	24.8	80	58	73	70	0	53	88	15.3	+ 1.8	1342
31	16.6	20.2	14.0	16.68	+ 1.47	13.5	22.3	88	57	82	78	+ 8	57	97	...	.....	1340
Mois	+10.82	+16.47	+12.82	+12.91	− 0.29	+ 7.82	+18.70	79	50	73	69	− 1			10.89	− 0.83	1219

MOYENNES DE GENÈVE. — MAI 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	19.89	19.60	20.17	20.28	19.40	18.82	19.42	20.43	19.73
2e »	27.71	27.64	27.91	27.75	27.18	26.79	26.96	27.86	27.47
3e »	27.00	27.11	27.38	27.06	26.31	25.29	25.67	26.39	26.53
Mois	24.94	24.86	25.23	25.09	24.36	23.69	24.07	24.94	24.65

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 8.35	+ 6.80	+ 8.22	+11.13	+13.65	+12.64	+11.34	+ 9.57	+10.21
2e »	+ 8.43	+ 6.88	+ 8.99	+12.48	+14.63	+14.84	+12.53	+10.55	+11.17
3e »	+13.48	+11.63	+14.85	+17.78	+20.70	+21.76	+19.05	+16.30	+16.95
Mois	+10.20	+ 8.54	+10.82	+13.93	+16.47	+16.59	+14.46	+12.27	+12.91

Fraction de saturation en %.

1re décade	82	90	85	71	56	60	74	79	75
2e »	81	86	75	58	44	45	58	70	64
3e »	82	87	79	60	50	48	60	74	67
Mois	81	88	79	63	50	51	64	74	69

Dans ce mois l'air a été calme 247 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{92}{54} = 1.70$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 22°.85 W.
Son intensité est égale à 26.4 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique......	724.78
Nébulosité	4.5
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+13°.37
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+13°.23
Fraction de saturation........	67 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	725.24
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	79mm.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne...	(id.).	+13°.20
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70 %



Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	69.9	64.5	81.0	70.9	68.5	53.0	73.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	79.4	81.6	86 8	81.5	77.6	77.4

Durée totale de l'insolation à Jussy : 235h.7.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1903

Le 1er, fort vent le matin; forte bise et neige le soir.
2, forte bise; neige le matin.
3, 4, 5 et 6, très fort vent; neige.
7 et 8, fort vent le matin; neige.
9, fort vent le soir; neige.
11 et 12, fort vent et neige.
14, brouillard le matin.
15, neige le soir.
16, brouillard le matin.
17, neige le soir.
18, neige le matin.
27, fort vent, brouillard et neige.
28, 29 et 30, fort vent.
31, pluie.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	50.0	57.4	58.4	55.3	− 7.4	**49.5**	58.5	SW. 3	NE. 1	NE 2	var.	10	10	10	10	14.5	6
2	57.2	57.2	58.4	57.6	− 5.2	57.0	59.0	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	**59.5**	**60**
3	59.2	59.7	58.7	59.2	− 3.7	57.0	59.4	SW. 4	SW. 4	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	18.0	14
4	55.4	54.5	53.7	**54.5**	− **8.5**	53.7	56.2	SW. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	19.0	9
5	55.6	58.0	59.3	57.6	− 5.5	54.5	59.8	SW. 1	SW. 3	SW. 2	SW. 2	4	7	10	7	14.0	6
6	60.2	60.8	61.8	60.9	− 2.3	60.0	62.0	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	3.5	1
7	61.5	62.4	62.4	62.1	− 1.2	61.5	62.5	SW. 3	SW. 1	SW. 1	SW. 2	10	6	7	8	16.5	6
8	58.7	57.9	59.8	58.8	− 4.6	57.5	60.0	SW. 3	SW. 3	NE. 1	var.	10	10	10	10	11.5	7
9	60.4	61.0	60.6	60.7	− 2.8	60.0	61.3	NE. 1	SW. 2	SW. 2	var.	0	0	9	3	2.0	1
10	59.9	59.6	61.1	60.2	− 3.4	59.4	61.2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	var.	9	0	1	3	....	....
11	60.6	61.4	60.8	60.9	− 2.8	60.0	61.6	NE. 1	SW. 2	SW. 1	var.	3	4	9	5	4.4	3
12	58.9	58.7	59.0	58.9	− 4.9	58.5	59.3	SW. 3	SW. 2	NE. 1	var.	10	10	2	7	6.0	2
13	59.2	60.7	62.1	60.7	− 3.2	59.0	63.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	2	2	9	4	....	....
14	65.0	66.7	68.7	66.8	+ 2.8	63.4	68.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	....	....
15	68.9	68.6	69.0	68.8	+ 4.7	68.5	69.3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	5	2	10	6	1.8	1
16	69.6	69.2	68.7	69.2	+ 5.0	67.0	70.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	0	4	....	...
17	66.2	64.9	63.2	64.8	+ 0.5	63.0	66.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	7	10	6	11.5	11
18	63.0	64.2	63.9	63.7	− 0.7	62.8	64.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	0	0	3	....	....
19	62.9	63.0	64.2	63.4	− 1.1	62.5	64.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
20	65.0	65.9	68.2	66.4	+ 1.8	64.5	68.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	7	6	0	4	....	....
21	69.7	71.3	72.8	71.3	+ 6.6	68.5	73.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	var.	5	1	0	2	....	....
22	73.1	74.0	73.9	**73.7**	+ **8.9**	73.0	**74.5**	SW. 1	NE. 1	NE. 1	var.	0	0	0	0	....	....
23	73.2	73.1	72.8	73.0	+ 8.1	72.0	73.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	1	1	....	....
24	71.7	71.5	71.3	71.5	+ 6.6	70.9	72.0	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
25	70.1	70.2	69.4	69.9	+ 4.9	68.9	70.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	2	1	....	...
26	67.7	66.7	65.3	66.6	+ 1.5	64.8	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	1	1	2	....	....
27	63.7	64.0	64.5	64.1	− 1.1	63.5	64.7	SW. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	22.0	7
28	65.1	65.7	66.4	65.7	+ 0.4	65.0	66.8	SW. 2	SW. 1	SW. 3	SW 2	10	10	4	8	....	....
29	64.1	64.8	65.3	64.7	− 0.7	63.8	65.5	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	0	6	4	3	....	....
30	63.8	63.8	63.2	63.6	− 1.9	63.0	64.0	SW. 2	SW. 3	SW. 4	SW. 3	0	7	6	4	....	....
31	62.6	62.5	63.3	62.8	− 2.8	62.3	63.8	SW. 2	NE. 1	SW. 1	var.	8	5	9	7	4.7	....
Mois	63.30	63.85	64.14	63.76	− 0.08							5.7	4.7	5.3	5.2	208.9	134

Jour du mois	Température: 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en %: 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 2.4	0.0	− 5.2	− 2.5	− 1.1	− 5.2	+ 0.4	100	100	97	99	78	100
2	− 5.8	− 0.4	− 2.6	− 2.9	− 1.6	− 6.7	0.0	97	82	100	93	75	100
3	− 1.4	− 0.2	− 1.0	− 0.9	+ 0.2	− 2.1	0.0	100	100	100	100	100	100
4	− 2.1	− 1.9	− 2.6	− 2.2	− 1.2	− 3.0	− 0.8	100	97	98	98	95	100
5	− 3.5	− 2.2	− 2.6	− 2.8	− 1.9	− 4.0	− 1.2	96	65	100	87	56	100
6	− 2.6	− 1.6	− 2.7	− 2.3	− 1.6	− 3.2	− 1.4	99	98	100	99	97	100
7	− 2.7	+ 1.4	− 1.3	− 0.9	− 0.3	− 2.9	+ 1.6	98	73	93	88	63	100
8	− 1.7	+ 1.0	− 3.7	− 1.5	− 1.1	− 3.8	1.2	100	89	98	96	42	100
9	− 5.4	− 0.2	− 2.8	− 2.8	− 2.5	− **7.2**	1.1	61	59	97	72	55	100
10	− 4.4	+ 2.4	− 4.0	− 2.0	− 1.8	− 6.2	+ 4.2	53	30	75	53	28	95
11	− 4.0	− 0.6	− 3.1	− 2.6	− 2.6	− 5.7	0.0	66	41	100	69	42	100
12	− 4.4	− 2.4	− 5.0	− **3.9**	− **4.0**	− 5.2	− 2.0	100	86	95	94	76	100
13	− 5.2	+ 0.9	− 4.0	− 2.8	− 3.1	− 6.4	+ 2.5	99	56	100	85	50	100
14	− 4.4	2.2	− 2.8	− 1.7	− 2.1	− 5.1	3.8	100	44	99	81	42	100
15	− 2.4	1.8	− 3.0	− 1.2	− 1.7	− 4.0	3.0	68	46	100	71	40	100
16	− 3.6	2.4	− 1.8	− 1.0	− 1.7	− 4.2	4.6	100	48	90	79	44	100
17	− 1.4	2.1	− 2.3	− 0.7	− 1.5	− 3.5	3.2	54	28	100	61	25	100
18	− 4.4	0.7	− 4.4	− 2.7	− 3.6	− 5.8	2.9	97	38	71	69	30	100
19	− 4.5	4.8	− 0.5	− 0.1	− 1.2	− 6.8	6.3	38	19	38	**32**	**18**	84
20	− 1.5	5.6	+ 0.4	+ 1.5	+ 0.3	− 1.9	9.0	91	44	82	72	35	95
21	+ 0.6	6.4	4.0	3.7	+ 2.4	− 1.1	9.2	95	42	59	65	40	96
22	5.1	10.2	5.4	6.9	+ **5.5**	+ 2.9	**12.5**	41	31	64	45	25	66
23	3.6	10.3	4.4	6.1	+ 4.6	2.9	12.2	92	32	98	74	29	100
24	5.3	10.1	5.6	**7.0**	+ 5.3	3.9	12.3	56	42	74	57	26	99
25	4.9	9.1	4.7	6.2	+ 4.4	3.9	11.0	68	32	100	67	27	100
26	5.1	9.8	+ 3.9	6.3	+ 4.3	+ 3.3	11.2	68	35	100	68	32	100
27	+ 1.4	0.9	− 0.2	0.7	− 1.4	− 0.3	4.4	100	100	100	100	95	100
28	− 0.2	1.7	+ 2.1	1.2	− 1.0	− 0.5	3.1	100	100	100	100	99	100
29	+ 2.3	5.5	3.7	3.8	+ 1.5	+ 0.6	6.4	66	62	74	67	53	100
30	2.2	6.2	3.6	4.0	+ 1.6	1.3	9.1	83	64	96	81	50	97
31	+ 3.8	+ 7.3	+ 2.7	+ 4.6	+ 2.1	+ 2.5	+ 10.3	81	48	100	76	45	100
Mois	− 1.09	+ 3.01	− 0.50	+ 0.47	− 0.04	− 2.37	+ 4.52	83	59	90	77		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $+0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	557.81	558.85	559.42	558.69	90	79	96	88
2e »	563.93	564.33	564.78	564.36	81	45	87	71
3e »	567.71	567.96	568.02	567.90	77	53	88	73
Mois	563.30	563.85	564 14	563.76	83	59	90	77

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+9\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	− 3.20	− 0.17	− 2.85	− 2.07	− 2.27
2e »	− 3.58	+ 1.75	− 2.70	− 1.51	− 1.81
3e »	+ 3.10	+ 7.05	+ 3.63	+ 4.59	+ 4.35
Mois	− 1.09	+ 3.01	− 0.50	+ 0.47	+ 0.23

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{53}{101} = 0.52$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 51.6 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	37.5	65.2	68.1	208.9
Neige en centimètres....	0cm	3cm	63cm	134cm

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME QUINZIÈME

(4me PÉRIODE)

1903. — Nos 1 à 6.

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE

CHIMIE

BIOLOGIE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.


20
60
180
J 3



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT ~~SEPTIÈME~~ ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME XV

N° 1. — 15 Janvier 1903.



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PELISSERIE, 18

LAUSANNE
BRIDEL ET Cie
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG ET Cie, à BÂLE

1903

OMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON DE JANVIER

ON S'ABONNE :

GENÈVE	Bureau des *Archives*, 18, Pélisserie. Librairie Georg et Cie, Corraterie. Librairie Dürr, rue Bovy-Lysberg.

POUR LE RESTE DE LA SUISSE :

LAUSANNE..........	Bureau de la *Bibl. Univ.*, chez G. Bridel et Cie. W. Tarin, rue de Bourg. F. Rouge, rue Haldimand.
NEUCHATEL........	Librairie Berthoud.
BALE	Georg et Cie, libraires.
ZURICH.............	Albert Muller, libraire.

Et dans tous les bureaux de poste de la Confédération.

FRANCE.

PARIS, G. Masson, 120, Boulevard Saint-Germain.

ITALIE.

TURIN	Bocca frères, libraires.
FLORENCE	G. Vieusseux, libraire.

ALLEMAGNE.

LEIPZIG............. F.-A. Brockhaus, libraire.

On peut s'adresser également à BALE, chez Georg, libraire, et aux directions des postes de l'Empire d'Allemagne.

ANGLETERRE.

LONDRES .... Dulau et Co, 37, Soho Square.

BELGIQUE.

BRUXELLES	C. Muquardt, libraire.
LIEGE..............	Desoer, libraire
GAND..............	A. Hoste, libraire.

HOLLANDE.

AMSTERDAM .... Feikema, Caarelsen et Cie, libraires.

ESPAGNE.

MADRID............. E. Capdeville, libr., plaza Santa Ana.

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES (13e Année).

Sommaire du n° 23. — A. Haussy. Les travaux de l'expédition russo-suédoise pour la mesure d'un arc de méridien au Spitzberg. — A. Haller. Les arts chimiques et la Roumanie à l'Exposition universelle de Paris 1900. — G. Loisel. Revue annuelle d'embryologie.

Sommaire du n° 24. — A. Haussy. Les travaux de l'expédition russo-suédoise pour la mesure d'un arc de méridien au Spitzberg (suite). — A. Haller. Les arts chimiques et la Roumanie à l'Exposition universelle de Paris 1900 (suite). — G. Loisel. Revue annuelle d'embryologie (suite).

JANVIER 1903

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie, [illegible]

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT SEPTIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME XV

N° 2. — 15 Février 1903.



GENÈVE
BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PELISSERIE, 18

LAUSANNE
BRIDEL ET Cie
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG ET Cie, à BALE

1903

SOMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON DE FÉVRIER

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT SEPTIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME XV

N° 3. — 15 Mars 1903.



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
BRIDEL ET Cie
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG ET Cie, à BALE

1903

La Bibliothèque Universelle et Revue Suisse (*Partie littéraire*) paraît à LAUSANNE par livraisons mensuelles de 224 pages, et forme chaque année quatre beaux volumes de près de 2700 pages ensemble.

Tout ce qui concerne la *rédaction* doit être adressé *franco* à M. Ed. Tallichet, rue du Midi, 1, à Lausanne.

Pour les *abonnements*, les *réclamations* et les *annonces*, s'adresser au Bureau de la Bibliothèque Universelle, place de la Louve, à Lausanne.

SOMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON DE MAI

Les Archives des Sciences physiques et naturelles (*Partie scientifique* de la *Bibliothèque Universelle*) paraissent à GENÈVE par livraisons mensuelles d'environ 100 pages, formant chaque année deux volumes de 600 pages, avec planches.

Envoi *franco par la poste* aux prix d'abonnements suivants, payables à Genève (en espèces, mandats sur la poste, traites à vue).

Suisse. . . . . Fr. 20

Tous les pays faisant partie de l'Union postale. » 25

(Mêmes prix pour la partie littéraire.)

Chaque numéro se vend séparément 2 fr. 50.

Tout ce qui concerne la rédaction et l'administration doit être adressé *franco* au Bureau de cette publication, rue de la Pélisserie, nº 18, à Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT SEPTIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME XV

N° 6. — 15 Juin 1903.

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE — BRIDEL ET Cie — Place de la Louve, 1

PARIS — G. MASSON — Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG ET Cie, à BALE

1903

La Bibliothèque Universelle et Revue Suisse (*Partie littéraire*) paraît à LAUSANNE par livraisons mensuelles de 224 pages, et forme chaque année quatre beaux volumes de près de 2700 pages ensemble.

Tout ce qui concerne la *rédaction* doit être adressé *franco* à M. Ed. Tallichet, rue du Midi, 1, à Lausanne.

Pour les *abonnements*, les *réclamations* et les *annonces*, s'adresser au Bureau de la Bibliothèque Universelle, place de la Louve, à Lausanne.

SOMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON DE JUIN

JUIN 1903

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie, 18, Pélisserie, Genève

